

Leonardo Rodrigues
Maico Eduardo Dias Dias
Marciel Lohmann
Patrícia Fernandes Paula-Shinobu
Organizadores

Geotecnologias e Monitoramento Territorial: entre o clima, a água e o uso do solo



**Leonardo Rodrigues
Maico Eduardo Dias Dias
Marciel Lohmann
Patrícia Fernandes Paula-Shinobu
Organizadores**

**Geotecnologias e Monitoramento
Territorial:
entre o clima, a água e o uso do solo**

Londrina, Paraná

2025

© Copyright 2025, Organizadores e Autores.

1ª edição

(Publicado em dezembro de 2025)

Arte da capa: Leonardo Rodrigues (2025)

Todos os direitos reservados e protegidos pela lei de n. 9.610, de 19/02/1998. Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito do detentor dos direitos, poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros. Os conteúdos dos trabalhos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.

Esta obra foi produzida com recursos do Departamento de Geografia (DGEO) da UEL, do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da UEL, da Pró-Reitoria de Extensão, Cultura e Sociedade (PROEX) da UEL, da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior - Governo do Estado do Paraná - e da Fundação Araucária - Governo do Estado do Paraná.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Geotecnologias e Monitoramento Territorial: entre o
clima, a água e o uso do solo (2025 : Londrina)
[livro eletrônico] / organizadores Leonardo
Rodrigues...[et al.]. -- Londrina, PR : Edição Leonardo
Rodrigues, 2025.

Outros autores: Maico Eduardo Dias Dias, Marciel Lohmann,
Patrícia Fernandes Paula-Shinobu.

Formato: PDF

ISBN: 978-65-01-86003-9

1. Geografia - Pesquisa. I. Rodrigues, Leonardo.
II. Título.

CDD-910.28

Índices para catálogo sistemático:

1. Geografia 910.28

COMISSÃO CIENTÍFICA

Adriana Castreguini de Freitas - UEL

Andreia Bonfim da Silva - UEL

Caio Cesar Cunha - UEL

Carlos Alexandre de Bortolo - UNIMONTES

Cristóvão Henrique Ribeiro da Silva - UFAC

Danieli Araujo - UEL

Daisson Felix Jacinto - UEL

Debora Carol Luz da Porciúncula - UFRB

Douglas Vitto - UEL

Edilson Luis Oliveira - UEL

Efigênia Rocha Barreto da Silva - UEL

Fabio César Alves da Cunha - UEL

Felipe Costa Aguiar - UEL

Flávio Henrique Navarro Hashimoto - UEL

Francisca da Silva Reis - UEL

Ideni Terezinha Antonello - UEL

Jamile da Silva Lima-Payaya - UNEB

Jéssica Bianca dos Santos - UEL

José Antônio Lobo dos Santos - UFBA

José Paulo Piccinini Pinese - UEL

Josilaine Amancio Corcovia - UEL

Julio César Fernandes Alves de Lima Guergolette - UEL

Jussara Fraga Portugal - UNEB

Leia Aparecida Veiga - UNILA

Leonardo Rodrigue - USP

Lygia de Oliveira Ribeiro - UEL

Maico Eduardo Dias Dias - UEL

Marcelo Gonçalves - UEL

Marcelo Rocha - UNILA

Marciel Lohmann - UEL
Margarida de Cassia Campos - UEL
Marjana Vedovatto - UEL
Nicolas Vinicius Cesário de Aguiar - UEL
Osmar Fabiano de Souza Filho - UEL
Patrícia Paula Fernandes Shinobu - UEL
Pedro Henrique Brustz Mafort - UEL
Ramon Guerini Candido - UEL
Rodrigo Batista da Silva - UEL
Vinicius Polzin Druciak - UEG
Vitória Zaupa Montini - UEL
William Henrique Kurunczi Ferreira - UEL

S U M Á R I O

CAPÍTULO I.....17

ANÁLISE E MONITORAMENTO DO ÍNDICE DE
QUALIDADE DA ÁGUA DA NASCENTE DO CÓRREGO
SÃO LOURENÇO, EM LONDRINA (PR) ATRAVÉS DE
PADRÕES COLORIMÉTRICOS DO ECOKIT (ALFAKIT)

Lilian Buss Cardoso Kühlewein

Mariana Gabriely Gentilho

Elizeu Henrike de Oliveira

CAPÍTULO II44

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA SECA E
DESMATAMENTO E SEU IMPACTO NO RESERVATÓRIO
DO MUÑA, CUNDINAMARCA, COLÔMBIA

Jessika Alexandra Zambrano Hernandez

Pedro Augusto Breda Fontão

CAPÍTULO III.....65

ESVAZIAMENTO DEMOGRÁFICO NA REGIÃO
GEOGRÁFICA IMEDIATA DE CORNÉLIO PROCÓPIO-
BANDEIRANTES (2010-2022)

Lucas Henrique Campos Vasconcelos

Sergio Aparecido Nabarro

CAPÍTULO IV81

IDENTIFICAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR DE SUPERFÍCIE
E TÉRMICA DA ÁREA CONURBADA CAMBÉ,
LONDRINA E IBIPORÃ

Renata Leandro Amorim

CAPÍTULO V104

OS USOS DO SOLO NA RUA MANGABA, LONDRINA
(PR): RESULTADOS A PARTIR DE UM ESTUDO
COMPARATIVO DE METODOLOGIAS DE
LEVANTAMENTO

Vinícius Biazotto Gomes

CAPÍTULO VI.....129

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À
IDENTIFICAÇÃO DE ILHAS DE CALOR SUPERFICIAL:
ESTUDO DE CASO EM EMBU DAS ARTES-SP (2025)

Raul Moura Guimarães Pena

Marciel Lohmann

Theo Goulart Tavares de Lima Araujo

APRESENTAÇÃO

O ensino e a pesquisa em Geografia vêm se transformando continuamente ao longo do tempo. Por isso, as mudanças decorrentes das novas territorialidades e conflitualidades sociais, da introdução de novas tecnologias de informação e comunicação e, principalmente, das condições de vida das pessoas foram temas discutidos na 41ª Semana de Geografia (SEMAGEO 2025) da Universidade Estadual de Londrina (UEL), um evento técnico-científico, que teve como proposta refletir sobre as pequenas e médias cidades a partir da ótica das políticas públicas e do ordenamento territorial.

O evento foi organizado por uma comissão científica, que também contou com o apoio do Centro Acadêmico, da Pró-Reitoria de Extensão, Cultura e Sociedade (PROEX-UEL), da Fundação Araucária e da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Estado do Paraná.

A Universidade Estadual de Londrina (UEL), assim como o Departamento de Geografia (DGEO), contempla ações que promovem a integração entre a comunidade interna e externa da instituição, fomentando a troca de experiências técnicas, científicas e metodológicas, objetivando a melhoria da comunidade e a formação de um discente sensível, atento e reflexivo frente às questões inerentes à sociedade e suas problemáticas. Nesse sentido, existe uma valorização da experiência em atuações extensionistas tornando o ensino e a pesquisa mais dinâmicos, instigantes, criativos e comprometidos.

Pautada em uma política de aprendizagem continuada, o DGEO promove anualmente uma semana acadêmica composta por palestras, minicursos, trabalhos de campo, apresentações de trabalhos científicos e ações voltadas aos discentes e profissionais da Geografia e de áreas afins. Logo, este evento também tem como finalidade complementar a formação profissional do graduando e demonstrar as atividades exercidas em cada área de formação no mercado de trabalho, possibilitando aos participantes uma interação com as ações e novidades tecnológicas na atuação profissional.

O Curso de Geografia da UEL foi criado pelo Decreto Federal n.º 43.143 de 03 de fevereiro de 1958 e teve início em março do mesmo ano na então Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Posteriormente, foi reconhecido pelo Decreto Federal nº 49.061 de 06 de outubro de 1961. Em 1972, foi incorporado à Universidade Estadual de Londrina, quando da sua instalação, funcionando regularmente até 1975, ano em que teve interrompida a realização do vestibular de ingresso, devido à pouca procura para o curso, consequência da implantação da LEI 5692/71 (LDB), que regulamentou o ensino de Geografia, História e Educação Moral e Cívica reunidas em uma única área intitulada “Estudos Sociais”.

Como na época havia o ingresso único para as duas habilitações, isso afetou também o bacharelado em Geografia, problema que perdurou até o primeiro semestre de 1980.

As atividades do curso de Geografia foram reiniciadas no segundo semestre de 1980, com a realização de novo vestibular de ingresso. Desde então, o curso de Bacharelado em Geografia vem funcionando regularmente. Sua última renovação de reconhecimento por parte do Conselho estadual de Educação (CEE/PR) se deu em 05/10/2016 por meio do Decreto Estadual n.º 5217/16, baseado no parecer 70/2016 da Câmara de Educação Superior do Estadual de Educação (CES/CEE). Ao longo desse período, o curso de Geografia sofreu várias reformulações buscando adaptar-se às novas conjunturas e suas expressões e desdobramentos nas escalas mundial, nacional, regional e local.

Tanto a democratização do Brasil, o advento da Constituição Federal de 1988, quanto as diversas inovações tecnológicas em sintonia com novas dinâmicas econômicas, abriram novas possibilidades de atuação para o licenciado e para o bacharel em Geografia. Em sintonia com esses desafios e com as transformações da própria UEL, os atores responsáveis pelo curso de Geografia da UEL (alunos, professores e funcionários) buscaram refazer o currículo, resultando em uma reformulação que entrou em vigor no ano de 2005 e adaptada em 2010.

Em meio a essas reformulações, e no contexto de uma profunda mudança de paradigmas que vinham ocorrendo em meados da década de 1980 na realidade

brasileira, o Curso de Geografia propôs no ano de 1982 a primeira Semana de Geografia (I SemaGeo), com o intuito de ampliar as reflexões de debates vinculados não só ao conhecimento científico, mas também às realidades social, política, econômica e territorial.

Assim, objetivando manter o padrão do evento ao longo dessas décadas e, em simultâneo, apresentar discussões atuais, é que a comissão organizadora da 41ª Semana de Geografia (SEMAGEO 2025) propôs discussões que compõem os capítulos deste livro.

PREFÁCIO

A compreensão contemporânea do espaço geográfico exige, cada vez mais, uma articulação refinada entre o aparato das geotecnologias e a sensibilidade investigativa sobre as dinâmicas da sociedade e suas interações e influências sobre a natureza. O livro *Geotecnologias e Monitoramento Territorial: entre o clima, a água e o uso do solo* é apresentado em um momento crucial, no qual a velocidade das transformações ambientais catalisadas por processos de urbanização acelerada e pressões produtivas, demanda métodos de análise que sejam, ao mesmo tempo, precisos e multiescalares.

A pertinência desta obra reside na sua capacidade de transitar entre o rigor da Geografia Física Aplicada e a funcionalidade das geotecnologias, oferecendo ao leitor não apenas dados isolados, mas diagnósticos geográficos estruturados que evidenciam como a ciência geográfica pode monitorar e intervir na gestão do território e na promoção da sustentabilidade ambiental. É, portanto, uma obra que reflete a maturidade da Geografia brasileira ao utilizar ferramentas tecnológicas para responder a dilemas socioambientais históricos e emergentes.

A problemática central que une as discussões aqui apresentadas fundamenta-se no desafio de monitorar variáveis físicas complexas em contextos geográficos distintos, que vão de bacias hidrográficas à microclimas urbanos específicos. Os capítulos que compõem este volume enfrentam tal problemática ao converter ferramentas, como o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), em instrumentos de leitura da realidade. Trata-se, portanto, de um esforço coletivo para decifrar as marcas da ação antrópica sobre o clima, recursos hídricos e usos do solo, propondo caminhos para mitigar impactos negativos e otimizar a convivência humana com o suporte geográfico físico do planeta.

A jornada analítica desta obra inicia-se com o capítulo I, intitulado *Análise e Monitoramento do índice de qualidade da nascente do córrego São Lourenço, em Londrina (PR) através de padrões colorimétricos do Ecolit (Alfakit)*, de Lilian Buss

Cardoso Kühlewein, Mariana Gabriely Gentilho e Elizeu Henrike de Oliveira, que apresenta uma investigação detalhada sobre a qualidade da água na nascente do Córrego São Lourenço, em Londrina (PR). Os autores utilizam padrões colorimétricos do Ecolit (Alfakit) para fundamentar ações de educação socioambiental e monitoramento hídrico, demonstrando como a ciência e o engajamento escolar podem ser pilares na conservação de recursos naturais em áreas urbanas pressionadas.

O capítulo II, *Análise Multitemporal da Seca e Desmatamento e seu Impacto no Reservatório do Muña, Cundinamarca, Colômbia*, de Jessika Alexandra Zambrano Hernandez e Pedro Augusto Breda Fontão, investiga a correlação entre o desmatamento e a seca ecológica no reservatório El Muña entre 1986 e 2024, com o objetivo de mapear a degradação ambiental da região. A metodologia baseia-se na análise multitemporal de imagens Landsat através dos índices espectrais NDVI, NDWI e NDDI, processados em ambiente SIG. Os resultados revelam uma redução severa da vegetação densa e o avanço crítico de áreas sob seca extrema, confirmando a eficácia do sensoriamento remoto para o monitoramento de vulnerabilidades hídricas em bacias andinas.

No capítulo III, intitulado *Esvaziamento Demográfico na Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes (2010-2022)*, escrito por Lucas Henrique Campos Vasconcelos e Sergio Aparecido Nabarro, foi analisado o esvaziamento demográfico da região visando correlacionar a queda populacional à dinâmica econômica local, por meio da análise de dados do IBGE e mapeamento temático. Os resultados indicam um declínio populacional generalizado, inclusive nos polos regionais, revelando a perda de dinamismo socioeconômico e a baixa capacidade de retenção populacional da região. Em seguida, no capítulo IV, *Identificação das Ilhas de Calor de Superfície e Térmica da Área Conurbada Cambé, Londrina, Ibiporã*, de Renata Leandro Amorim, são caracterizadas as Ilhas de Calor de Superfície (ICS) e as Ilhas de Calor Térmicas (ICT) no eixo Londrina-Cambé-Ibiporã, objetivando correlacionar o uso do solo às variações climáticas urbanas. A metodologia integrou o sensoriamento remoto (Landsat 8) ao uso de transectos

móveis para coleta de dados térmicos *in situ*. Os resultados confirmam temperaturas de superfície superiores em áreas impermeabilizadas (até 57°C) e a mitigação térmica em zonas vegetadas, reforçando a dependência entre a densidade construtiva e o conforto climático regional.

O capítulo V, *Os Usos do Solo na Rua Mangaba, Londrina (PR): resultados a partir de um estudo comparativo de metodologias de levantamento*, escrito por Vinícius Biazotto Gomes, avalia a efetividade da Lei de Uso e Ocupação do Solo de Londrina na Rua Mangaba. Objetivando analisar o impacto da transição normativa sobre as atividades não residenciais, o autor combinou a análise de bases de dados municipais com o trabalho de campo para identificar descompassos entre a norma e a realidade. Os resultados demonstram uma presença expressiva de atividades econômicas em desacordo com a legislação vigente, revelando a ineficácia de regulações rígidas frente à dinâmica concreta da centralidade urbana e aos usos consolidados pelo sistema urbano.

Por fim, no capítulo VI, intitulado *Sensoriamento remoto aplicado à Identificação de Ilhas de Calor Superficial: estudo de caso em Ebu das Artes-SP (2025)*, de Raul Moura Guimarães Pena, Marciel Lohmann e Theo Goulart Tavares de Lima Araújo, os autores utilizam o sensoriamento remoto (Landsat 8) para mapear as ilhas de calor superficiais em Embu das Artes (SP). O trabalho evidencia como a densidade urbana e a escassez de vegetação elevam drasticamente as temperaturas locais, reforçando a importância do planejamento verde para a saúde pública e a qualidade de vida nas regiões metropolitanas.

Ao percorrer as páginas desta obra, o leitor encontrará um panorama diversificado e metodologicamente robusto de como a Geografia se manifesta como uma ciência aplicada, integradora e necessária. Por isso, este livro é um convite à reflexão e à ação para estudantes, pesquisadores e gestores que acreditam que o monitoramento do território é o primeiro passo para uma governança ambiental justa, resiliente e tecnicamente embasada. Assim, espera-se que estas análises sirvam de inspiração para novas investigações, provocando

um olhar mais atento sobre as interdependências entre o clima, a água e o uso e ocupação humana.

Prof. Dr. Maico Eduardo Dias Dias
Departamento de Geografia
Universidade Estadual de Londrina - UEL

CAPÍTULO I

ANÁLISE E MONITORAMENTO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DA NASCENTE DO CÓRREGO SÃO LOURENÇO, EM LONDRINA (PR) ATRAVÉS DE PADRÕES COLORIMÉTRICOS DO ECOKIT (ALFAKIT)

Lilian Buss Cardoso Kühlewein¹

Mariana Gabriely Gentilho²

Elizeu Henrike de Oliveira³

RESUMO

A Educação Ambiental voltada para as questões socioambientais é atualmente uma importante base de práticas sustentáveis para os estudantes de diversos níveis na educação básica diante da preocupação global crescente em meio aos desafios ocasionados pelos diversos impactos ambientais de origem antrópica sobre a biodiversidade. A questão da sustentabilidade torna-se cada vez mais relevante, ao buscar modelos de desenvolvimento onde haja uma inter-relação mais voltada à conservação dos recursos naturais em detrimento do uso equilibrado destes pela sociedade. O projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio, realizado em parceria da SEED/PR e SANEPAR, tem o objetivo de mobilizar professores e estudantes para o desenvolvimento de ações de educação socioambiental e monitoramento nos rios que compõem as bacias hidrográficas nas quais as escolas estão inseridas. Assim, estudantes e professores do Técnico em Meio Ambiente do Colégio Estadual Albino Feijó Sanches participaram do projeto com o objetivo de possibilitar visitas técnicas na área da bacia hidrográfica ao redor do colégio que abriga a nascente do Córrego São Lourenço, em Londrina (PR), a fim de analisar e monitorar a qualidade da água da nascente deste córrego. Como metodologia de análise utilizou-se o Ecokit que possui um

¹ Professora da SEED PR no Ensino Médio Integrado Profissionalizante Técnico em Meio Ambiente e Coordenadora pedagógica do curso no Colégio Estadual Albino Feijó Sanches – Londrina (PR), lilian.buss.cardoso@escola.pr.gov.br.

² Estudante do 2º ano Ensino Médio Integrado Profissionalizante Técnico em Meio Ambiente do Colégio Estadual Albino Feijó Sanches – Londrina (PR), mariana.gentilho@escola.pr.gov.br.

³ Estudante do 2º ano Ensino Médio Integrado Profissionalizante Técnico em Meio Ambiente do Colégio Estadual Albino Feijó Sanches – Londrina (PR), elizeu.henrike.oliveira@escola.pr.gov.br.

cunho de fácil análise para fins pedagógicos e de educação ambiental. Os resultados esperados foram alcançados através do desenvolvimento do projeto e das análises da qualidade da água realizadas na nascente, quantificando colorimetricamente a presença de substâncias que indicam processos poluidores na área, mesmo que em quantidade pequenas, mas indicando a necessidade de análises químicas mais precisas.

Palavras-chave: Monitoramento, Análise Físico-Química, Ecokit, Área de Preservação Permanente, Educação Ambiental.

INTRODUÇÃO

Atualmente as questões socioambientais estão relacionadas aos aspectos sociais, econômicos e políticos, o que torna possível a discussão sobre questões que envolvem a qualidade de vida da sociedade e dos processos de conservação da biodiversidade local e global. Os impactos ambientais ocasionados pelas ações antrópicas estão cada vez mais na pauta das discussões sociais diante da gravidade da emergência climática global e as consequências desta sobre o planeta.

Assim, as práticas de Educação Ambiental sejam em nível formal ou informal são ferramentas de importância pedagógica que propõe em suas ações atingir todos os cidadãos por meio de processos participativos e permanentes, que visam a discutir com os estudantes e comunidade a problemática socioambiental.

O projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio realizado em parceria com a Secretaria de Estado da Educação do Paraná e Companhia de Saneamento do Paraná, tem o objetivo de mobilizar professores e estudantes, preferencialmente, de Curso Técnico em Meio Ambiente, para o desenvolvimento de ações de educação socioambiental e monitoramento nos rios que compõem as bacias hidrográficas nas quais as escolas estão inseridas. Além disso, formar multiplicadores capazes de disseminar o conceito de sustentabilidade e como este conceito pode ser aplicado aos rios das regiões onde moram. Desta forma, o projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio tem o objetivo de construir com a comunidade escolar um olhar crítico sobre o ambiente em que ela está inserida,

a fim de resgatar o sentimento de pertencimento e fomentar uma mudança de postura em relação ao cuidado com os rios (Sanepar, 2023).

Ao longo do desenvolvimento do projeto, a importância de aliar a teoria com a prática se justifica na busca de novos valores sociais e a consciência ambiental crítica, reflexiva e participativa, voltada para a conservação do meio e a melhoria da qualidade de vida. Enquanto que com as atividades práticas, os estudantes poderão realizar reflexões sobre a realidade socioambiental e monitoramento da qualidade da água de rios, tornando-se agentes de transformação na busca da melhoria da qualidade ambiental da região onde moram (Sanepar, 2023).

De acordo com o Artigo 3º, inciso II da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, o Código Florestal Brasileiro, Área de Preservação Permanente – APP é: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Brasil, 2012).

Segundo Bressane *et al.* (2016), as áreas de preservação permanente constituem um instrumento importante para proteção e recuperação da qualidade hídrica, em especial no meio urbano por concentrar grande proporção das fontes de perturbação decorrentes das atividades antrópicas.

Assim, estudantes e professores do Curso Técnico em Meio Ambiente do Colégio Estadual Albino Feijó Sanches participaram do Projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio, com o objetivo de possibilitar visitas técnicas na área da bacia hidrográfica ao redor do colégio que abriga a nascente do Córrego São Lourenço, Ribeirão do Cambé, Rio Tibagi, em Londrina (PR), a fim de analisar e monitorar a qualidade da água da nascente deste córrego.

A marca Alfakit, produtora de materiais de tecnologia analítica para sustentabilidade, possui uma linha denominada Ecokit, sendo este um kit destinado a educação ambiental desenvolvido para controle de qualidade de água, sendo indicado ao uso por estudantes a partir do 5º ano do ensino

fundamental e pessoas da comunidade em geral. Assim, nas visitas técnicas na área de proteção permanente da nascente do córrego São Lourenço, utilizou-se da metodologia de análise Ecokit para analisar parâmetros de qualidade da água da nascente.

Entende-se que a metodologia do Ecokit possui cunho de fácil análise para fins pedagógicos e de educação ambiental tanto para estudantes quanto para pessoas da comunidade. Assim, estes fins foram alcançados através do desenvolvimento do projeto e das análises da qualidade da água realizadas na nascente, quantificando colorimetricamente e quantitativamente a presença de substâncias que indicam processos poluidores na área, mesmo que em quantidade pequenas, mas indicando a necessidade de análises químicas mais precisas.

METODOLOGIA

O projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio tem como objetivo mobilizar professores e alunos, preferencialmente, de cursos técnicos em Meio Ambiente, para o monitoramento dos rios que compõem as bacias hidrográficas nas quais as escolas estão inseridas, bem como formar multiplicadores capazes de disseminar o conceito de sustentabilidade e como este conceito pode ser aplicado aos rios das regiões onde moram (Sanepar, 2023).

Desta forma, o projeto organiza-se em formato de oficinas, aulas práticas onde há a oferta dos seguintes conteúdos:

- * **Conservação dos Recursos Naturais:** discute a realidade socioambiental, a fim de envolver a comunidade em questões relacionadas à conservação de áreas de preservação permanente e incentiva a recomposição da mata ciliar por meio do plantio de espécies arbóreas nativas.

- * **Recursos Hídricos:** mostra a importância do trabalho de reconhecimento das condições socioambientais das bacias hidrográficas onde os envolvidos vivem, contribuindo, assim, para preservação ambiental de córregos e rios locais.

* Esgoto: apresenta o destino do esgoto doméstico e os processos de coleta e tratamento deste efluente.

* Resíduos Sólidos: discute a prática do consumo e da decorrente geração de resíduos, bem como a apresentação da legislação vigente e o incentivo a realização de mutirões de limpeza em rios locais.

A área delimitada para o estudo e desenvolvimento do projeto foi mapeada dentro da área próxima do colégio, nos limites da bacia hidrográfica do Rio Tibagi que abriga o Ribeirão do Cambé, sendo o Córrego São Lourenço em sua nascente. A localização da nascente se situa na Rua Flor dos Alpes, Ouro Branco, no município de Londrina (PR) (Figuras 1 e 2).

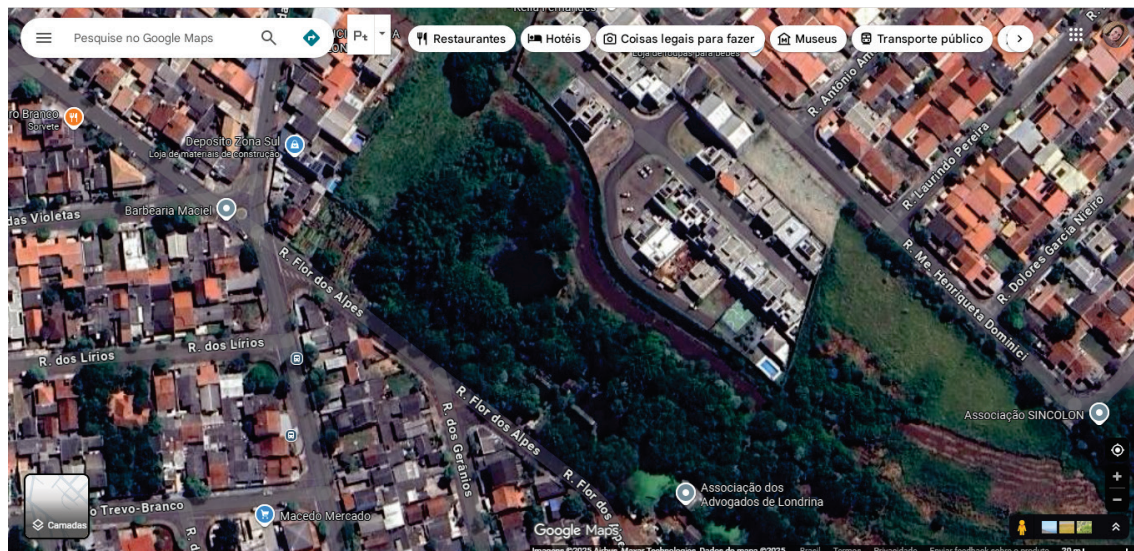


Figura 1 - Localização geográfica da área da nascente do Córrego São Lourenço.
Fonte: <https://www.google.com/maps> (2025).

Como metodologia de análise da qualidade da água da nascente, o projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio oferece o uso do kit denominado Ecokit, da fabricante Alfakit.

O Ecokit é um kit para educação ambiental desenvolvido para controle da qualidade da água doce e salgada, para ser utilizado especialmente nas escolas por estudantes a partir do quinto ano do ensino fundamental ou por pessoas da comunidade em geral, trazendo a oportunidade de vivenciar um experimento simples e seguro, em contato direto com o meio ambiente. Mais que um meio

para realizar as análises, o Ecokit traz a oportunidade para novas discussões sobre a questão da água potável, da necessidade do seu controle e da preservação das áreas de mananciais, fundamentais ao mundo em que vivemos (Alfakit, 2025).



Figura 2 - Área do ponto da nascente do Córrego São Lourenço.

Fonte: Autoria própria (2024)

A ficha técnica Ecokit para análise em água doce ou salgada com reagentes para 100 testes de cada parâmetro físico-químico analisa (Figura 3):

- pH
- Oxigênio dissolvido
- Ortofosfato
- Nitrito
- Nitrato
- Amônia
- Nitrogênio Total Mineral
- Turbidez
- Temperatura
- Sólidos sedimentáveis



Figura 3 - Materiais de medição e reagentes químicos do Ecokit (Alfakit).

Fonte: <https://alfakit.com.br/produto/ecokit-agua-doce-salgada/>.

O Ecokit contém um manual de instruções detalhado para cada análise dos parâmetros físico-químicos e os reagentes em contato com a amostra de água coletada reagem apresentando variadas cores, as quais são analisadas em quantificação através de padrões colorimétricos (Figura 4).



Figura 4 - Exemplo de análise através de padrão colorimétrico da amostra para nitrato.

Fonte: Autoria própria (2024).

Notou-se as orientações do manual do Ecokit: a comparação visual com a cartela de cores é desenvolvida a partir de padrões de tempo e posição da

cubeta com a amostra, onde orienta-se a posicionar a cubeta no meio da cartela, e a comparação deve ser feita sempre visualizando de cima para baixo. A comparação não deve ser feita ao sol, porém o local deve ter boa iluminação. Seguir atentamente o tempo de reação indicado no manual, e condições adversas de temperatura podem influenciar no tempo de reação (Alfakit, 2025).

A metodologia através da análise de parâmetros físico-químicos da água da nascente, deu -se através da coleta de amostras de água, reações com os reagentes específicos para cada análise de substância, cronometragem do tempo de reação, observação da cartela de padrões colorimétricos específica para cada substância analisada, anotação escrita dos valores em tabela para posterior discussão, fotografias da área de estudo e das análises realizadas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Educação Ambiental voltada para as questões socioambientais é atualmente uma importante base de práticas sustentáveis para os estudantes de diversos níveis na educação básica diante da preocupação global crescente em meio aos efeitos das mudanças climáticas.

Diante dos desafios ocasionados pelos diversos impactos ambientais de origem antrópica sobre a biodiversidade global, a questão da sustentabilidade torna-se cada vez mais relevante, ao buscar modelos de desenvolvimento onde haja uma inter-relação mais voltada à conservação dos recursos naturais em detrimento do uso equilibrado destes pela sociedade.

Assim, a ideia de sustentabilidade implica a prevalência da premissa de que é preciso definir limites às possibilidades de crescimento e delinear um conjunto de iniciativas que levem em conta a existência de interlocutores e participantes sociais relevantes e ativos por meio de práticas educativas e de um processo de diálogo informado, o que reforça um sentimento de co-responsabilidade e de constituição de valores éticos (Jacobi, 2003).

A educação ambiental assume cada vez mais uma função transformadora, onde a co-responsabilização dos indivíduos torna-se um

objetivo essencial para promover um novo tipo de desenvolvimento - o desenvolvimento sustentável. A educação ambiental aponta para propostas pedagógicas centradas na conscientização, mudança de comportamento, desenvolvimento de competências, capacidade de avaliação e participação dos estudantes. A relação entre meio ambiente e educação para a cidadania assume um papel cada vez mais desafiador demandando a emergência de novos saberes para aprender processos sociais que se tornam complexos e impactos ambientais que se intensificam (Jacobi, 2004).

É notável a importância que este tipo de pensamento tem no presente momento, em que os impactos gerados pelas ações humanas escancaram a necessidade de um pensamento mais crítico e reflexivo acerca da relação entre sociedade e natureza. Neste âmbito, escolas sustentáveis têm o potencial de se destacar como referências para suas comunidades, ao fomentar práticas de gestão mais democráticas e participativas, além de reestruturarem seus currículos (Trajber e Sato, 2010).

A educação ambiental, nas suas diversas possibilidades, incluindo a educação para a sustentabilidade, abre um importante espaço para um repensar de práticas sociais e do papel dos professores como mediadores e como transmissores de um conhecimento necessário para que os alunos adquiram uma base adequada de compreensão essencial do meio ambiente global e local. Além da interdependência dos problemas e soluções baseadas na natureza e da importância da responsabilidade de cada um para construir uma sociedade planetária mais equitativa e ambientalmente sustentável (Jacobi, 2004).

Para uma prática socioambiental efetiva, nota-se a importância da inserção dos estudantes e comunidade na realidade do ambiente ao redor de sua vivência. Desta forma, o projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio promove a valorização dos recursos hídricos realizando reconhecimento das condições socioambientais das bacias hidrográficas onde os envolvidos vivem, contribuindo, assim, para a preservação ambiental de córregos e rios locais.

De acordo com Martelli (2013), os ecossistemas de áreas de preservação permanente contribuem para a qualidade dos recursos hídricos, e o mesmo tem sofrido constantes agressões, seja pela expansão agrícola, pelo crescimento demográfico desordenado, ou ainda pela criação de usinas hidrelétricas, reduzindo sobremaneira sua extensão vegetacional.

Sabe-se que o desenvolvimento urbano provoca o aumento da demanda por água, e ao mesmo tempo, a degradação dos mananciais em decorrência da sua contaminação pelos resíduos urbanos. Desta forma, as principais causas da contaminação se originam no despejo de poluentes oriundos dos esgotos domésticos e industriais, além de outras substâncias oriundas das culturas agrícolas em áreas próximas aos mananciais. É importante ressaltar que as substâncias agrotóxicas não agredem apenas a água superficial, mas os lençóis freáticos e o solo, causando inúmeros danos a esses recursos naturais, tornando-os inférteis e de baixa qualidade (Martelli, 2013).

O monitoramento ambiental, em bacias hidrográficas, procura caracterizar aspectos relevantes que permitam diagnosticar as mudanças que ocorrem no uso e ocupação do solo, tornando possível avaliar os efeitos das atividades humanas exercidas nas bacias hidrográficas sobre os ecossistemas, sendo indicado monitorar variáveis ambientais que sejam sensíveis às mudanças que possam vir a ocorrer (Queiroz *et al*, 2010).

O monitoramento, em uma microbacia hidrográfica, da qualidade da água segundo os parâmetros físico-químicos é fundamental, para que, a partir das informações levantadas, seja possível um melhor entendimento das verdadeiras influências de cada processo de degradação (Silva, 2009 *apud* Marmontel e Rodrigues, 2015).

A disponibilidade hídrica é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento das cidades e da manutenção dos ecossistemas naturais. A quantidade de água do planeta é constante, porém, a maneira como utiliza-se desta exerce impactos que afetam países, ecossistemas e pessoas, podendo causar secas, doenças e mortes de espécies animais e vegetais. Entre os fatores que têm

afetado os recursos hídricos estão o crescimento populacional e a grande expansão dos setores produtivos, como a agricultura e a indústria. Esses fatores exercem pressão sobre os mananciais. Os rios e os lagos usados para o abastecimento público, muitas vezes, são degradados pela destinação inadequada de resíduos sólidos, canalização de esgoto doméstico e efluentes industriais não tratados, impermeabilização do solo, o desmatamento e a contaminação por defensivos agrícolas. Todos esses impactos têm apresentado reflexos na qualidade da água, com altos custos econômicos e sociais (SANEPAR, 2023).

Segundo Manahan (2013) *apud* Sanepar (2023) algumas substâncias presentes na água podem ser utilizadas como indicadores de poluição aquática, pois revelam a presença de fontes poluidoras. Por exemplo: pesticidas em deflúvios agrícolas; bactérias coliformes termotolerantes ou fecais, que caracterizam a poluição por esgoto; drogas de uso farmacêutico, seus metabólitos e cafeína, que indicam a contaminação com esgoto doméstico; entre outros.

Para avaliação de qualidade da água visando seu uso para abastecimento público, utiliza-se o Índice de Qualidade das Águas (IQA). Este índice é composto por seis parâmetros químicos: Oxigênio Dissolvido (OD), Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Resíduo Total, Nitrogênio total, Fósforo total; dois parâmetros físicos - Temperatura da água e Turbidez; e um parâmetro biológico - Coliformes termotolerantes (Agência Nacional de Águas, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os estudantes do 2º ano e 3º ano do Ensino Médio Integrado Profissionalizante do Curso Técnico em Meio Ambiente do Colégio Estadual Albino Feijó Sanches - Londrina (PR) foram selecionados para a participação em 2 turmas de oficinas do Projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio, desenvolvido pela SANEPAR (Companhia de Abastecimento do Paraná) juntamente com seus professores das áreas técnicas e coordenadora de curso.

No primeiro encontro, na data de 02 de setembro de 2024, realizou-se uma capacitação da equipe de professores e coordenação, onde ocorreu a apresentação do projeto, seus objetivos e metas a serem alcançados, cronograma das visitas técnicas e mapeamento da bacia hidrográfica local, onde se desenvolveu o projeto (Figuras 5 e 6).

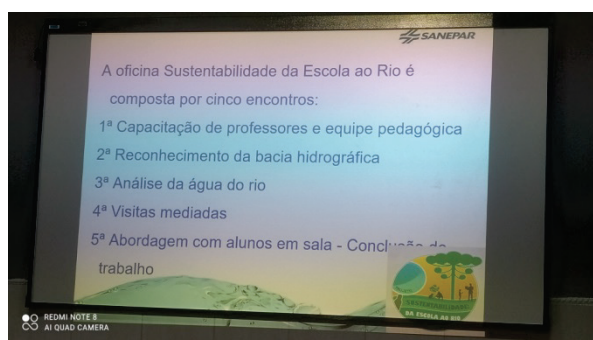


Figura 5 - Apresentação do projeto Sustentabilidade.
Fonte: Autoria própria (2024).

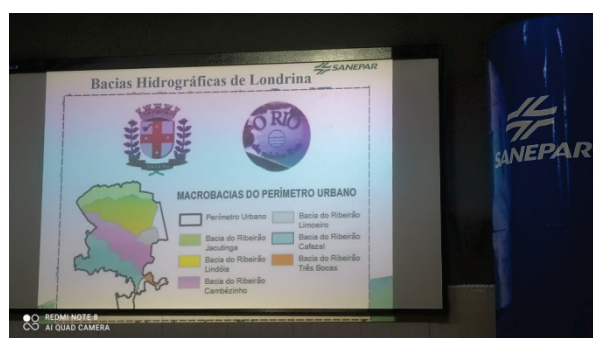


Figura 6 - Apresentação da Bacia Hidrográfica da Escola ao Rio do estudo a ser realizado.
Fonte: Autoria própria (2024).

No dia 09 de setembro de 2024, houve a primeira visita técnica na área da bacia hidrográfica que envolve a localidade do colégio, sendo identificada como a Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi, do Ribeirão do Cambé e Córrego São Lourenço (Figuras 7 e 8).



Figura 7 - Observação da área da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi.

Fonte: Autoria própria (2024).



Figura 8 - Estudantes do Técnico em Meio Ambiente iniciando os trabalhos com a técnica da SANEPAR.

Fonte: Autoria própria (2024).

No dia 23 de setembro de 2024, ocorreu a visita na área de nascente próxima ao colégio, o Córrego São Lourenço, onde realizou-se a análise química da água através da metodologia Ecokit, em dois pontos diferentes, na localidade da nascente e em outro ponto mais distante (Figuras 9 e 10).



Figura 9 - Entrada do Córrego São Lourenço.

Fonte: Autoria própria (2024).



Figura 10 - Estudantes do Técnico em Meio Ambiente iniciando as observações da área da nascente com o técnico da SANEPAR.

Fonte: Autoria própria (2024).

No dia 07 de outubro de 2024, houve a visita técnica nas Estações de Tratamento de Água e de Esgoto da SANEPAR, sendo a de água denominada Estação Tibagi e a de esgoto, Estação Norte. E como finalização do projeto, planejou-se uma ação ambiental na área da nascente com o objetivo de realizar coleta de resíduos, plantio de mudas de espécies nativas e panfletagem para sensibilização dos moradores ao redor da área da nascente.

Este trabalho apresenta especificamente os resultados das aulas do projeto onde ocorreu a análise da qualidade da água no ponto da nascente, em duas ocasiões de monitoramento diferentes: na data de 23 de setembro de 2024, durante a vigência do projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio da SANEPAR, com as turmas do 2º e 3º ano Técnico em Meio Ambiente e na data de 08 de setembro de 2025, com a turma do 2º ano Técnico em Meio Ambiente.

Esta última análise deu-se com a continuidade da parceria do curso técnico em Meio Ambiente com a SANEPAR, para monitoramento desta área de nascente, onde houve a presença de duas funcionárias técnicas da Gerência de Educação Socioambiental – GESA da SANEPAR, que ministraram as explicações e administraram as análises com a colaboração dos estudantes.

Em ambas as análises realizadas em setembro de 2024 e setembro de 2025, as turmas se reuniram em torno do ponto da nascente, e os técnicos da

SANEPAR apresentaram a metodologia de análise do Ecokit. Houve a coleta de amostra da água corrente da nascente e iniciaram-se os testes.

Os estudantes receberam um formulário padrão para anotação de características de observação da área como descarte de resíduos sólidos, área degradada, presença de fauna, diversidade vegetal, presença de habitação ao redor da área, condições climáticas, hora da coleta. A questão mais discutida foi sobre a observação do descarte ilegal de resíduos na área da nascente, o que possivelmente tem gerado impactos ambientais de poluição no solo e no recurso hídrico da nascente (Figuras 11 e 12).



Figura 11 - Descarte de resíduos na área da nascente do Córrego São Lourenço em setembro de 2024.

Fonte: Autoria própria (2024).



Figura 12 - Descarte de resíduos na área da nascente do Córrego São Lourenço em setembro de 2025.

Fonte: Autoria própria (2025).

Para a realização dos testes com os reagentes químicos utilizou-se do manual de instruções do kit que detalhava o passo a passo da utilização do tipo e quantidade de cada reagente diante da amostra do teste específico para

identificação de uma substância contida na água. Em um primeiro momento houve a preparação da mesa de materiais para as análises, a escolha de estudantes voluntários para realizar as reações químicas e a coleta de amostra da água corrente na nascente (Figuras 13 e 14).



Figura 13 – Montagem da mesa de materiais para as análises da amostra de água da nascente.

Fonte: Autoria própria (2024).



Figura 14 – Realização das análises químicas da amostra de água da nascente.

Fonte: Autoria própria (2024).

Após a realização de cada análise, seguiu-se a espera de tempo correspondente à reação completa do reagente na identificação da possível substância poluidora a ser identificada. Após o aguardo da reação, a amostra de cada teste apresentava certa coloração específica, o qual o frasco da amostra era apontado junto ao manual na cartela de padrões colorimétricos para a identificação da presença/ausência da substância analisada e o valor desta presente na amostra (Figuras 15 e 16).



Figura 15 – Exemplo de análise do Nitrato e seu padrão colorimétrico no manual do Ecokit.

Fonte: Autoria própria (2024).



Figura 16 – Exemplo de análise da Amônia e seu padrão colorimétrico no manual do Ecokit.

Fonte: Autoria própria (2024).

Segue-se a Tabela 1, onde apresenta-se os parâmetros físicos e químicos analisados, suas unidades de medição e os valores encontrados nas análises realizadas em setembro de 2024 e setembro de 2025.

	set/2024	set/2025
Condições climáticas	ensolarado	nublado
Hora da coleta	10h	11h
PARÂMETROS FÍSICOS		
Temperatura da água (°C)	25,5	-
Odor	sem odor	-
Turbidez (Cor)	baixa turbidez	-
PARÂMETROS QUÍMICOS		
Oxigênio dissolvido (mg/L ⁻¹ O ₂)	8,5	9,0
Potencial hidrogeniônico (pH)	5,6	5,0

Amônia (mg/L ⁻¹ N - NH ₃)	0,10	0,75
Nitrito (mg/L ⁻¹ N - NO ₂)	0,01	0,01
Nitrato (mg/L ⁻¹ N - NO ₃)	2,5	2,5
Fosfato (mg/L ⁻¹ PO ₄)	0	0,75

Tabela 1 - Análise de parâmetros físico-químicos de amostra de água coletada na nascente do córrego São Lourenço em Londrina (PR).

Fonte: Autoria própria (2025).

Quanto aos parâmetros físicos, as medições foram realizadas apenas nas amostras coletadas em setembro de 2024.

* Temperatura da água: medida da intensidade de calor. É um parâmetro importante, pois influi em algumas propriedades da água, como densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido, com reflexos sobre a vida aquática (SANEPAR, 2023).

A temperatura da água na amostra (25,5°C) foi considerada como temperatura ambiente. Quanto ao odor, não foi detectado um odor característico na amostra coletada.

* Turbidez: representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Pode estar relacionada com fontes naturais, como partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos; ou com fontes antropogênicas, como despejos domésticos, industriais, microrganismos, erosão (Sperling, 1995, p. 24 *apud* Sanepar, 2023).

Quanto a turbidez, a amostra apresentava nível baixo. Desta forma, nesta amostra, apresentado o resultado da análise discutiu-se que não havia interferências diretas visíveis.

Após, iniciou-se as análises pelos parâmetros químicos.

* Oxigênio Dissolvido (OD): o teor de oxigênio dissolvido indica poluição por matéria orgânica. Assim, uma água não poluída por matéria orgânica é saturada de oxigênio. Por outro lado, baixo teor de oxigênio dissolvido pode

indicar que houve uma intensa atividade bacteriana decompondo matéria orgânica lançada na água (Sanepar, 2023).

Os resultados foram (set/24 – 8,5 mg/L⁻¹ O₂ / set/25 – 9,0 mg/L⁻¹ O₂). A escala dos padrões colorimétricos vai de 0,5 a 9,0. Então, discutiu-se que o padrão encontrado para ambas as amostras era considerado positivo, sendo o máximo em valor de oxigênio dissolvido.

* Potencial Hidrogeniônico (pH): O pH das águas naturais situa-se, geralmente, dentro da faixa de 4 a 9. A maioria das águas é fracamente básica devido à presença de carbonato e bicarbonato. As exceções podem ser causadas por contaminação com resíduos industriais de natureza fortemente ácida ou básica. A variação do pH afeta o metabolismo de microrganismos e, portanto, a velocidade de degradação da matéria orgânica (Sanepar, 2023).

Os valores de pH analisados foram: (set/24 – 5,6 / set/25 – 5,0), sendo analisados como valor ácido, dentro da escala de pH (0 a 6 – ácido / 7 – neutro / 8 a 14 – básico). Discutiu-se que seria válida uma medição e análise mais específica para análise se alguma substância poluente estaria influenciando neste valor ácido.

* Nitrogênio total: por seguir um ciclo que conduz a mineralização (nitrogênio orgânico - amoniacal - nitritos – nitratos), o nitrogênio permite avaliar o grau e a distância de uma fonte poluidora por meio da quantidade e forma de apresentação dos derivados nitrogenados. Sendo indicativos de: poluição recente - nitrogênio orgânico ou amônia; poluição antiga - basicamente na forma de nitrato (baixas concentrações de nitrito). Estes compostos ocorrem nas águas originárias de esgotos domésticos e industriais, da drenagem ou lixiviação de áreas fertilizadas ou naturalmente através das chuvas (Sanepar, 2023).

Os valores encontrados nas amostras testadas seguem-se: Amônia (set/24 – 0,10 mg/L⁻¹ N - NH₃ / set/25 – 0,75 mg/L⁻¹ N - NH₃) – onde a escala dos padrões colorimétricos vai de 0,0 a 3,0. Assim, discutiu-se que os valores encontrados foram considerados baixos, mas a indicação de presença poderia estar relacionada com alguma fonte poluidora.

Quanto ao Nitrito (set/24 – 0,01 mg/L⁻¹ N – NO₂ / set/25 – 0,01 mg/L⁻¹ N – NO₂) onde a escala dos padrões colorimétricos vai de 0,01 a 0,50, notou-se o valor mínimo. Para o Nitrato houve o seguinte resultado: (set/24 – 2,5 mg/L⁻¹ N – NO₃ / set/25 – 2,5 mg/L⁻¹ N – NO₃), dentro escala dos padrões colorimétricos de 2,5 a 15,0).

Porém, para ambos os resultados (Nitrito e Nitrato), discutiu-se que mesmo havendo valores mínimos, mas ocorrendo a presença destes, poderia haver indícios de alguma fonte poluidora ao redor da área. A observação realizada de ações antrópicas encontradas ao redor foram: moradias próximas, galerias pluviais, horta comunitária com utilização de adubo como fertilizante, possibilidade de descarte de esgoto doméstico e industrial. Entende-se que para maiores detecções da fonte destes valores de amônia, nitrito e nitrato seria importante uma análise química mais aprofundada e um estudo de impacto ambiental da região ao redor na nascente.

* Fósforo total: O fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas. O fósforo na água apresenta-se principalmente nas seguintes formas: ortofosfatos, polifosfato, fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico, sem necessidade de conversões a formas mais simples. As principais fontes de ortofosfatos na água são: solo, detergentes, fertilizantes, despejos industriais e esgotos domésticos. O fósforo orgânico e os polifosfatos (moléculas complexas) transformam-se em ortofosfatos nos tratamentos de esgoto e nos corpos d'água receptores (Sanepar, 2023).

Quanto ao Fosfato, os valores encontrados nas amostras testadas seguem-se: (set/24 – 0,0 mg/L⁻¹ PO₄ / set/25 – 0,75 mg/L⁻¹ PO₄) – onde a escala dos padrões colorimétricos vai de 0,0 a 1,75. Assim, discutiu-se que os valores encontrados foram considerados baixos, mas a indicação de presença na segunda análise poderia estar relacionada com alguma fonte poluidora, sendo realizada uma discussão igualmente descrita acima para os níveis de amônia, nitrito e nitrato.

Apresentam-se abaixo os registros realizados na última análise, no dia 08 de setembro de 2025, seguindo-se a mesma metodologia relatada acima (Figuras 17 a 22):



Figura 17 - Estudantes adentrando a área da nascente.

Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 18 - Técnicas da SANEPAR explicando metodologia do Ecokit.

Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 19 - Estudante coletando amostra de água.

Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 20 – Estudantes iniciando as análises.

Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 21 - Amostras em aguardo do tempo de reação.

Fonte: Autoria própria (2025).



Figura 22 – Turma do 2º ano do Ensino Médio Integrado Profissionalizante Técnico em Meio Ambiente.

Fonte: Autoria própria (2025).

Diante dos resultados obtidos da análise química das amostras coletadas na nascente do córrego São Lourenço, utilizando-se como metodologia de análise o Ecokit (marca Alfakit), seguindo-se o padrão de escala colorimétrica para diagnóstico da quantidade de substâncias encontradas, nota-se importante discorrer que: através do projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio, o qual através da parceria com a SANEPAR nesta ação de Educação Ambiental em áreas de mananciais utilizou-se deste referido kit de análises de modo pedagógico, tornando-se os estudantes praticantes de ciência cidadã aliadas às práticas importantes para sua função técnica profissionalizante no âmbito dos Estudos de Impactos e Riscos Ambientais; Gestão de Resíduos; Gestão de Recursos Naturais; Análise, Controle e Química Ambiental; Educação Ambiental; Metodologia Científica e Comunicação; Sistemas de Gestão Ambiental; Legislação e Segurança Ambiental, sendo estas as unidades curriculares do curso Técnico em Meio Ambiente que abrigaram as atividades realizadas no córrego São Lourenço.

Porém, houve a discussão de que é notável para uma análise química dos índices de qualidade da água seguindo padrões mais rigorosos de resultados, que haja testes laboratoriais seguindo protocolos mais precisos para identificação de substâncias poluentes, também um estudo de impacto ambiental detalhado na região da área da nascente, identificando possíveis pontos de irregularidades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo beneficiou tanto a comunidade local quanto a biodiversidade da área de nascente do Córrego São Lourenço, uma área de estudos utilizada pelo curso Técnico em Meio Ambiente (Ensino Médio Integrado Profissionalizante) do Colégio Estadual Albino Feijó Sanches. Nesta área, desde o início do projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio, já foram plantadas de setembro de 2024 a setembro de 2025, 50 mudas de espécies arbóreas nativas, proporcionando a restauração ecológica da área, com o apoio da Secretaria Municipal do Ambiente de Londrina, Viveiro Municipal e com projeto de pesquisa em Restauração Ecológica RESTORE da Universidade Estadual de Londrina.

O projeto de restauração ecológica nesta área de nascente já havia iniciado no ano de 2024, em parceria com a SANEPAR. A área onde foi realizado o plantio estava degradada, necessitando do processo de restauração, ao qual é e será monitorada pela turma de estudantes e certamente será importante para o processo de preservação da biodiversidade local. Segue-se com o planejamento de continuidade do projeto neste ano, com novos plantios e monitoramento do desenvolvimento das mudas, junto à turma da Periódica de Sustentabilidade Ambiental e do curso Técnico em Meio Ambiente do colégio.

Durante as ações do projeto houve a observação da diversidade da fauna e flora, onde os estudantes observaram diversas espécies de árvores, flores, insetos e pássaros que possuem seu habitat nesta área de preservação permanente. Também se observou o intensivo descarte ilegal de resíduos sólidos de diversos tipos ao redor da área, o que gerou uma reflexão sobre este comportamento de alguns indivíduos, os impactos sobre a biodiversidade, sendo um problema causador de poluição hídrica e no solo, e formas de combater esta prática, sendo umas delas campanhas de conscientização da população e fiscalização.

Segue-se o planejamento de monitoramento da área da nascente do Córrego São Lourenço pelos estudantes e professores do curso Técnico em Meio Ambiente em parceria com a Secretaria Municipal do Meio Ambiente e SANEPAR, incentivando os estudantes a tornar a área um laboratório vivo do curso, levando às ações de maior preservação da área. Planeja-se a continuidade de ações de educação ambiental contra o descarte ilegal de resíduos, a continuidade do projeto correlato de restauração ecológica na recomposição da área ciliar e o monitoramento da qualidade da água da nascente.

Entende-se que a metodologia do Ecokit possui um cunho de fácil análise para fins pedagógicos e de educação ambiental tanto para estudantes quanto para pessoas da comunidade. E estes fins foram alcançados através do desenvolvimento do projeto e das análises da qualidade da água realizadas na nascente, quantificando colorimetricamente e quantitativamente a presença de

substâncias que indicam processos poluidores na área, mesmo que em quantidade pequenas, nesta ocasião. Porém, segue-se o planejamento para uma análise seguindo padrões mais precisos de resultados da análise química com testes laboratoriais de protocolos mais rigorosos para identificação de substâncias poluentes, buscando-se parcerias com laboratórios de pesquisa na Universidade Estadual de Londrina e Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina.

AGRADECIMENTOS

Aos técnicos Angela Maria de Melo Pagani, Andrea Cristina Fontes Silva e João Paulo Gonçalves Pansanatto da Gerência de Educação Socioambiental – GESA da SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná pelo desenvolvimento do projeto Sustentabilidade: da Escola ao Rio.

Estudantes e Professores do Curso Técnico em Meio Ambiente, Direção, Coordenação Pedagógica e Funcionários do Colégio Estadual Albino Feijó Sanches, pelo empenho na participação do projeto.

À SEMA (Secretaria Municipal do Ambiente de Londrina) - nas pessoas do Secretário Gilmar Domingues Pereira e assessora Alessandra Félix; Assessora da Educação Ambiental Lidiani Isidoro; Paulo Dolibaina – Diretoria de Controle Ambiental e Gerson Galdino – Diretoria de Áreas Verdes – pelo apoio nas ações ambientais.

Ao Viveiro Municipal de Londrina - sob coordenação de Sirlei e colaboradores Nilza, Oziel e Levi, na doação de mudas de espécies arbóreas nativas e abertura dos espaços para plantio, em todas as ações realizadas na área da nascente do córrego São Lourenço.

Aos Professores pesquisadores da Universidade Estadual de Londrina - NAPI Biodiversidade Restore - Grupo de Pesquisa em Restauração de Ecossistemas - Prof.º Dr. Halley Caixeta de Oliveira e Prof.º Dr. Yves Rafael Bovolenta.

REFERÊNCIAS

ALFAKIT. Educação Ambiental e Meio Ambiente . Ecokit água doce / salgada. Disponível em: <<https://alfakit.com.br/produto/ecokit-agua-doce-salgada>>. Acesso em: 06 out. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas. Índice de Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>> Acesso em: 06 out. 2025.

BRASIL. Planalto Presidência da República Casa Civil. Código Florestal Brasileiro. Brasília, 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 10 out. 2025.

BRESSANE, Adriano; MOCHIZUKI, Patrícia Satie; ROVEDA, José Arnaldo Frutuoso; SALVADOR, Nemésio Neves Batista. Sistema de apoio à gestão de áreas verdes na preservação permanente de corpos hídricos urbanos. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 957-969, jul.-set., 2016.

JACOBI, Pedro. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. Cadernos de Pesquisa, n. 118, março/ 2003, p. 189-205.

JACOBI, Pedro. Educação e meio ambiente – transformando as práticas. Rede Brasileira de Educação Ambiental. – n. 0 (nov.2004). – Brasília: Rede Brasileira de Educação Ambiental, 2004. 140 p. v.:il; p. 28-35.

MANAHAN, Stanley. Química Ambiental. Tradução de: Félix Nonnenmacher. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MARMONTEL, Caio Vinicius Ferreira; RODRIGUES, Valdemir Antonio. Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. Floresta e Ambiente, 2015; 22(2): 171-181.

MARTELLI, Anderson. Educação ambiental aliada ao método de recuperação por plantio em uma nascente localizada na área urbana do município de Itapira – SP. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET, v. 17, n. 17, Dez. 2013, p. 3357- 3365.

QUEIROZ, Manoel Moisés Ferreira de; IOST, Caroline; GOMES, Simone Damasceno; VILAS BOAS, Márcio Antônio. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. Revista Verde, Mossoró RN, v.5, n.4, p. 200 – 210, outubro /dezembro de 2010.

SANEPAR. Projeto Sustentabilidade: da escola ao rio. Caderno do Professor. Curitiba, 2023. 32p. Disponível em: <<https://acervodigital.educacao.pr.gov.br/pages/view.php?ref=20802&search>>

=&offset=17040&order_by=relevance&sort=ASC&archive=0#>. Acesso em: setembro 2024.

SILVA, P. E. A influência da mata ciliar na qualidade da água em dois rios na área rural de Foz do Iguaçu – PR [monografia]. Foz do Iguaçu: Faculdade Dinâmica de Cataratas, União Dinâmica de Faculdade Cataratas; 2009.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995. v.1.

TRAJBER, Raquel.; SATO, Michèle. Escolas sustentáveis: incubadoras de transformações nas comunidades. REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, 2010.

CAPITULO II

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA SECA E DESMATAMENTO E SEU IMPACTO NO RESERVATÓRIO DO MUÑA, CUNDINAMARCA, COLÔMBIA

Jessika Alexandra Zambrano Hernandez⁴
Pedro Augusto Breda Fontão⁵

RESUMO

Este estudo avalia o impacto conjunto da seca ecológica e do desmatamento no reservatório El Muña, localizado no baixo curso da bacia rio Bogotá, por meio de uma abordagem geoespacial multitemporal baseada em sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica (SIG). O objetivo principal foi identificar a evolução das condições ambientais entre 1986 e 2024, com ênfase nas transformações da cobertura vegetal e no agravamento da seca. O referencial teórico apoia-se no uso de índices espectrais (NDVI, NDWI e NDDI), reconhecidos como indicadores eficazes da vegetação, do teor de umidade e do estresse hídrico. A metodologia teve como base o processamento de imagens Landsat (5, 7, 8 e 9) de diferentes anos, livres de nebulosidade, para calcular e analisar esses índices. Os resultados revelam uma redução contínua da vegetação densa, acompanhada pelo aumento de áreas com baixo conteúdo de umidade e pela expansão de zonas classificadas como de seca extrema. Foram produzidos mapas de NDVI para seis períodos de referência, e realizou-se uma análise relacionando os valores obtidos a partir dos índices. Conclui-se que a integração de índices espectrais e análise multitemporal é fundamental para compreender as dinâmicas de degradação ambiental em ecossistemas estratégicos andinos.

Palavras-chave: Seca, Desmatamento, Degradação Ambiental, Sensoriamento Remoto, Índices Espectrais.

⁴ Posgraduando do Curso de Doutorado em Geografia da Universidade Federal do Paraná, UFPR jessika.zambrano@ufpr.br;

⁵ Docente Do Programa de Pos-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Paraná, UFPR pedrofontao@ufpr.br.

INTRODUÇÃO

As secas estão intimamente relacionadas à ausência, ao atraso ou ao déficit de chuvas, sendo definidas como uma precipitação significativamente inferior à média ou a um valor específico durante determinado período. A depender da frequência e da intensidade com que ocorrem, podem ser consideradas situações relativamente normais dentro das oscilações climáticas próprias de uma região, que costumam ser detectadas em intervalos de uma ou duas décadas (KCHOUK et al., 2021).

A seca é reconhecida como um fenômeno natural recorrente, cuja ocorrência e intensidade variam em função de fatores meteorológicos, hidrológicos e ecológicos. Contudo, quando sua duração se prolonga e seus impactos ultrapassam a capacidade de resiliência dos ecossistemas, ela assume caráter de degradação ambiental, afetando a disponibilidade hídrica, a cobertura vegetal e a estabilidade dos solos.

Nas últimas décadas, o avanço do sensoriamento remoto tem possibilitado o monitoramento sistemático da seca ecológica, entendida como a redução da umidade e do vigor da vegetação observada a partir de parâmetros de superfície. Essa abordagem permite avaliar a resposta fenológica da vegetação frente ao estresse hídrico, fornecendo subsídios relevantes para compreender as dinâmicas ambientais associadas à degradação de ecossistemas estratégicos (Kumar et al., 2024).

O monitoramento da seca por meio de índices espectrais, como o NDVI, o NDWI e o NDDI, tem se mostrado uma ferramenta eficiente para identificar variações na cobertura vegetal, no teor de umidade e na intensidade da seca ecológica em diferentes escalas espaciais e temporais. Esses índices, aplicados a séries históricas de imagens Landsat, permitem avaliar a evolução das condições ambientais e diagnosticar processos de degradação ou de recuperação da paisagem (Jabrayilov, 2022)

O reservatório El Muña localiza-se na região norte do município de Sibaté, departamento de Cundinamarca na região central da Colômbia, e está inserido no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Bogotá (Figura 1; Tabela 1). Trata-se de um manancial formado pelos seguintes rios e córregos: Águas Claras, Chóqua, Grande, Honda e Hato Viejo. A altitude da área varia entre 2.500 e 3.200 metros acima do nível do mar, apresentando relevo montanhoso, predominantemente ondulado, acidentado e íngreme (Car, 2005).

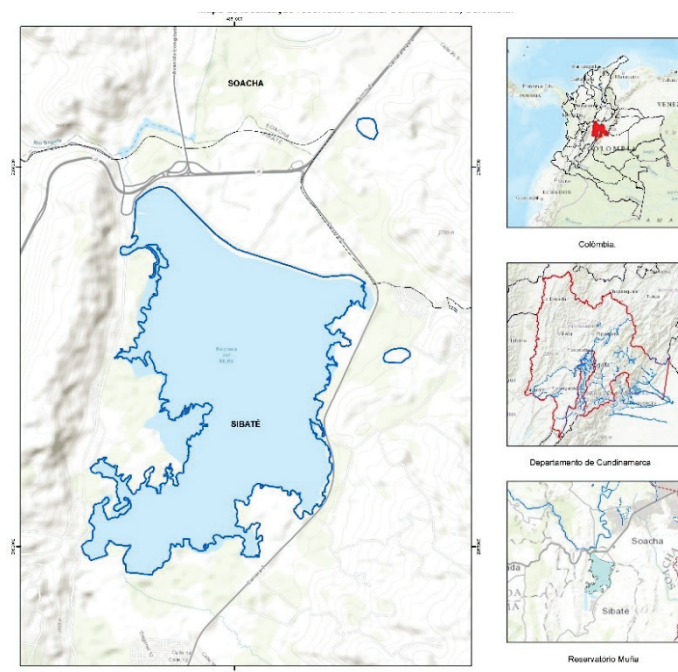


Figura 1 - Mapa de localização reservatório Muña, Cundinamarca Colômbia
Elaboração: Os autores (2025).

ÁREA DRENADA (Km²)	120
ÁREA INUNDADA (Ha)	957
VOLUME ÚTIL (Mm³)	42
COTA DE COROAÇÃO (m a.n.m)	2571,3
NÍVEL MÁX DE OPERAÇÃO (m a.n.m)	2569,5
NÍVEL MÍNIMO (m a.n.m)	2555,6
COMPRIMENTO MÁX (km)	6,4

Tabela 1 - Características gerais do reservatório do Muña.
Fonte: CAR (2005).

Desde a sua concepção, a construção do reservatório foi planejada em uma área relativamente afastada, com o propósito de minimizar os impactos sobre a população do município. Seu objetivo central consistiu em armazenar e

regular as vazões dos rios Águas Claras e Muña, visando à geração de energia destinada ao abastecimento da região (Car, 2005).

Durante a fase de construção, o reservatório atraiu um grande número de turistas, consolidando-se como um espaço recreativo propício a atividades como navegação e esportes aquáticos. A instalação do Clube Náutico do Muña contribuiu para o aumento da renda municipal (CAR, 2005). Entretanto, a decisão da Empresa de Energia de Bogotá (EEB) de bombear água do rio Bogotá para o reservatório ocasionou alterações negativas nos parâmetros físico-químicos da água. Como consequência, na década de 1970, ocorreu um processo de forte contaminação, que impactou o turismo local e resultou no fechamento dos clubes náuticos que funcionavam na represa (Car, 2005).

Em períodos remotos, quando a população humana era reduzida e a atividade econômica pouco expressiva, o desmatamento não representava um problema significativo, uma vez que a regeneração natural das florestas era suficiente para compensar as perdas ocasionadas pela ação humana. Contudo, com o avanço da civilização, a industrialização moderna e o crescimento populacional, a derrubada de florestas para suprir as crescentes demandas humanas foi reconhecida como um enorme problema, configurando-se um desafio global ao meio ambiente. A FAO ressaltou o papel da dinâmica populacional nesse processo, destacando que o desmatamento pode resultar de uma combinação entre pressão demográfica e estagnação das condições econômicas, sociais e tecnológicas (MapBiomass, 2023).

Portanto, as áreas naturais protegidas e os parques nacionais estão sujeitos a intervenções tanto humanas quanto naturais, o que influencia diretamente os processos de erosão nessas regiões. Entretanto, ainda não há análises ou projeções consistentes que esclareçam como essa situação vem se desenvolvendo (Campaña Olaya, 2023).

Dessa forma, este artigo tem como propósito realizar uma análise multitemporal da seca ecológica no reservatório El Muña (Cundinamarca, Colômbia), entre 1986 e 2024, utilizando sistemas de informação geográfica e técnicas de sensoriamento remoto. O estudo busca avaliar os efeitos combinados da seca e do desmatamento sobre a cobertura vegetal e os recursos hídricos do reservatório, monitorando as variações espaço-temporais

da vegetação, do teor de umidade e da intensidade da seca por meio dos índices NDVI, NDWI e NDDI.

Além disso, pretende integrar os resultados desses índices espectrais para compreender a relação entre a degradação da vegetação, a redução da umidade e a expansão das áreas de seca extrema, fornecendo subsídios técnicos que poderão orientar estratégias de manejo e preservação hídrica voltadas à sustentabilidade do reservatório e à garantia de disponibilidade de água para as gerações presentes e futuras.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ANTECEDENTES

Estudos têm identificado uma correlação significativa entre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e as precipitações, indicando que as variações temporais desse índice estão estreitamente relacionadas à disponibilidade hídrica e, conseqüentemente, à intensidade da seca ecológica. Essa relação foi confirmada por Li et al. (2025), em uma análise abrangente da variabilidade do NDVI na China, na qual os autores demonstraram que a precipitação total constitui um dos principais fatores que influenciam o crescimento e o vigor da vegetação, apresentando elevado valor de importância estatística ($VIP > 0,8$). Esses resultados reforçam o papel do NDVI como um indicador sensível e eficaz para o monitoramento dos padrões climáticos e da dinâmica hídrica em diferentes contextos ecológicos.

De modo semelhante, o estudo de Jung et al. (2023), que investigou a variabilidade espaço-temporal da resposta da vegetação à seca meteorológica na Península Coreana, evidenciou as vantagens dos índices de vegetação derivados do sensor AVHRR para o monitoramento de diferentes tipos de seca. Entre essas vantagens destacam-se a alta densidade espacial de dados, a ampla cobertura territorial e a capacidade do NDVI de indicar o nível de estresse hídrico da vegetação. A pesquisa utilizou os índices NDVI, VCI e TCI, analisando sua relação com o Índice de Precipitação Padronizado (SPI), e demonstrou que tais indicadores são eficazes para detectar secas meteorológicas e ecológicas,

ressaltando o potencial do sensoriamento remoto na compreensão da resposta fenológica da vegetação frente à variação climática.

O avanço das técnicas de inteligência artificial (IA) tem ampliado de forma significativa a capacidade de previsão de eventos climáticos extremos, como as secas agrícolas e ecológicas. O estudo de Xu et al. (2024), realizado na região das montanhas Ta-pieh, comparou diferentes modelos de aprendizado de máquina Random Forest, XGBoost e SVM para prever a ocorrência de seca com base em variáveis climáticas e ambientais. Além disso, o uso de abordagens de IA explicável, como SHAP e LIME, possibilitou identificar a influência relativa de fatores como precipitação, temperatura e umidade do solo na dinâmica das secas. Os resultados evidenciaram que a integração entre algoritmos preditivos e ferramentas interpretáveis pode oferecer suporte mais robusto à tomada de decisão na gestão agrícola e ecológica, especialmente em áreas vulneráveis às mudanças climáticas.

A análise multitemporal do uso e da cobertura da terra tem revelado padrões consistentes de regressão das formações florestais secundárias e de expansão de áreas de pastagens e cultivos agrícolas. O estudo de Ahmad et al. (2024), ao examinar as variações espaço-temporais decorrentes das mudanças climáticas por meio de técnicas avançadas de sensoriamento remoto, demonstrou que tais transformações refletem o agravamento das pressões antrópicas sobre os ecossistemas e contribuem para a intensificação da seca ecológica em regiões de elevada vulnerabilidade ambiental. Esses resultados reforçam a necessidade de integrar abordagens multiescalares para compreender as dinâmicas ambientais e ressaltam as implicações críticas dessas mudanças para a conservação da biodiversidade, a manutenção dos serviços ecossistêmicos e a resiliência socioambiental diante das transformações globais.

Pesquisas recentes sobre o monitoramento da seca com imagens MODIS e dados simulados de umidade do solo demonstraram que a intensidade e a extensão das secas variam consideravelmente ao longo do ciclo de crescimento das culturas. O Índice de Água da Superfície do Terreno (LSWI) foi identificado

como um dos indicadores mais sensíveis para detectar condições de estresse hídrico, especialmente em situações de seca moderada e severa. Esses achados reforçam o potencial do LSWI como ferramenta eficaz para o monitoramento da seca agrícola em diferentes regiões (Satapathy; Dietrich; Ramadas, 2024).

Embora o NDVI seja amplamente reconhecido como um índice eficiente para avaliar o vigor e o estado da vegetação, sua aplicação em análises temporais apresenta limitações significativas. O estudo de Bhaga et al. (2023), ao comparar dados provenientes dos sensores Landsat-8 OLI e Sentinel-2 MSI, evidenciou que a falta de uniformidade nas séries históricas de satélites especialmente no que se refere à resolução espectral, à frequência de aquisição e à calibração radiométrica pode comprometer a consistência e a comparabilidade das análises multitemporais. Tais restrições devem ser cuidadosamente consideradas ao empregar o NDVI em processos de monitoramento de longo prazo, sobretudo em contextos de seca e de mudanças ambientais globais.

Por fim, a estimativa da umidade do solo agrícola por meio de técnicas de sensoriamento remoto tem se consolidado como uma abordagem eficaz para o monitoramento das condições de seca. O estudo de Imtiaz et al. (2024) apresenta uma metodologia abrangente que integra bandas termais do infravermelho obtidas por satélites a índices de vegetação (NDVI, SAVI e NDWI), implementada na plataforma Google Earth Engine. Essa integração possibilita uma análise espacial refinada da umidade superficial, ampliando a compreensão dos impactos da seca sobre os sistemas agrícolas e oferecendo subsídios robustos para a tomada de decisão no manejo sustentável da produção.

MATERIAIS E MÉTODOS

O sensoriamento remoto possibilita a análise tanto da estrutura quanto dos aspectos funcionais dos sistemas ecológicos, especialmente em escala de ecossistemas. Nesse contexto, o funcionamento refere-se às trocas de matéria e energia entre a biota e o meio físico, processos que são diretamente afetados pela

seca ecológica, e para os quais os índices espectrais têm se mostrado ferramentas altamente eficazes (Ávila-Vélez; Escobar-Escobar; Morantes-Choconta, 2019).

Quando a vegetação é submetida a algum tipo de estresse, como acamamento, ataque de pragas ou ocorrência de seca ecológica, sua reflectância nas bandas do infravermelho próximo e do vermelho tende a diminuir, reduzindo o contraste em relação a uma vegetação saudável e vigorosa. Em síntese, quanto maior o contraste entre essas bandas, maior o vigor da vegetação; ao contrário, valores baixos dessa relação indicam vegetação debilitada ou em estado de senescência, podendo chegar a áreas desprovidas de cobertura vegetal, como solos nus, que apresentam índices próximos de zero. O termo ravinas é utilizado para designar áreas de depósitos ou rochas pouco consolidadas, fortemente afetadas pela erosão superficial, onde a vegetação é escassa ou inexistente (Chuvieco, 1991).

O Índice de Diferença de Água Normalizado (NDWI) é calculado a partir da normalização da relação entre duas bandas multiespectrais a reflectância da banda do verde (GREEN) e do infravermelho próximo (NIR), apresentando grande potencial para realçar corpos d'água em imagens de satélite. Esse índice é amplamente empregado no monitoramento da seca ecológica, em razão de sua alta sensibilidade às variações no conteúdo de água líquida da vegetação. Adicionalmente, a banda do infravermelho de onda curta (SWIR) mostra-se sensível aos níveis de água presentes tanto na cobertura vegetal quanto na superfície do solo (Mcfeeters, 1996).

O Índice de Diferença de Água Normalizado (NDWI) é calculado pela fórmula:

$$NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR),$$

Os métodos tradicionais de monitoramento da seca meteorológica baseavam-se em dados de precipitação, os quais apresentavam diversas limitações, como a escassez de estações, a incompletude e a imprecisão dos

registros climáticos, a ocorrência de erros humanos e, sobretudo, a dificuldade de obtenção de informações em tempo real, tanto em escala espacial quanto temporal. Para superar essas restrições, o avanço das técnicas de sensoriamento remoto transformou a forma de observar e gerir os recursos naturais, permitindo o monitoramento de superfície e a identificação de padrões associados à seca ecológica. As ferramentas vinculadas a essa tecnologia oferecem amplas possibilidades de coleta de dados, com capacidade de aquisição de informações em escala global e regional em curtos intervalos de tempo, além da vantagem da repetitividade em formato digital (Alahacon; Edirisinghe, 2022).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), é amplamente utilizado em sensoriamento remoto para avaliar a densidade e a condição da vegetação em uma superfície terrestre. Os valores resultantes variam entre -1 e 1: valores positivos indicam vegetação densa e saudável, enquanto valores próximos de 0 ou negativos sugerem ausência de cobertura vegetal ou presença de superfícies não vegetadas (ROUSE et al., 1973). Seu cálculo é realizado a partir das reflectâncias nas bandas do vermelho (RED) e do infravermelho próximo (NIR), por meio da fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

A partir dos valores de NDVI e NDWI que foram obtidos, calculou-se o Índice de Seca por Diferença Normalizada (NDDI), com a finalidade de estimar condições de seca e estresse hídrico na vegetação (Avand; Moradi; Hazbavi, 2024). A fórmula a seguir resume o procedimento que foi aplicado:

$$\text{NDDI} = (\text{NDVI} - \text{NDWI}) / (\text{NDVI} + \text{NDWI}) \text{ (Avand; Moradi; Hazbavi, 2024)}$$

A seca ecológica é um fenômeno caracterizado pela redução prolongada da umidade disponível nos ecossistemas, resultante, em grande parte, de períodos de baixa precipitação. Seu monitoramento por meio de sensores

remotos é realizado com base na avaliação de mudanças na cobertura vegetal, no uso de índices de vegetação (como o NDVI) e na análise de variações na temperatura da superfície terrestre. Esses dados permitem identificar a severidade, a duração e a extensão da seca, fornecendo subsídios relevantes para a gestão dos recursos hídricos e para o entendimento da resposta fenológica da vegetação ao estresse hídrico. Essa abordagem foi validada por Hanh (2024), que aplicou dados MODIS e o índice NDVI na detecção de áreas afetadas pela seca ecológica no Vietnã, demonstrando a eficácia do sensoriamento remoto na análise de eventos climáticos extremos.

Esta pesquisa teve como objetivo realizar uma análise multitemporal do reservatório El Muña, com o propósito de compreender as dinâmicas associadas à ocorrência da seca ecológica na região. As informações obtidas constituem subsídios relevantes para o serviço distrital, possibilitando a implementação de planos de manejo e de gestão ambiental adequados, que contribuam para a preservação dos recursos hídricos e para a sustentabilidade ecológica da zona de influência ao longo do tempo. (Figura 2).

Nesse sentido, foram coletadas e utilizadas imagens correspondentes aos meses de fevereiro, março, abril, novembro e dezembro dos anos com informações disponíveis, obtidas a partir dos satélites Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8 e Landsat 9. Selecionaram-se apenas aquelas livres de nebulosidade e com boa qualidade radiométrica, atendendo aos critérios definidos para os anos apresentados na Tabela 2. Esses períodos foram escolhidos por coincidirem com registros históricos de estiagens mais severas e eventos de seca meteorológica na região, utilizados aqui como referência temporal para a análise da seca ecológica observada por sensoriamento remoto (Valbuena-Gaona et al., 2024)

As imagens foram obtidas por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), utilizando o servidor EarthExplorer, disponibilizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), acessado no endereço eletrônico: <https://earthexplorer.usgs.gov>. O processo de mapeamento dos resultados foi feito utilizando o software QGIS, utilizando ferramentas de calculadora raster.

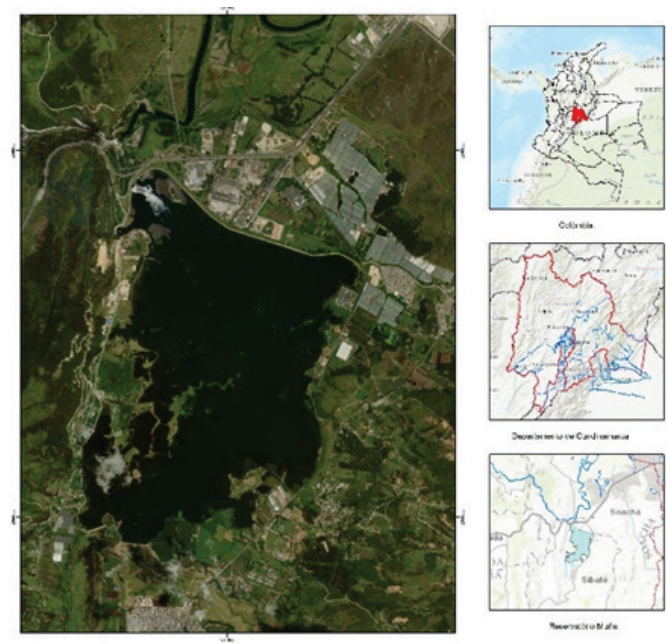


Figura 2 - Localização do reservatório do Muña.
Elaboração: Os autores (2025).

ANO	FONTE	FECHA	SATELITE
1986	LT05_0857_19860325_20200918_02_T1	19860325	LANDSAT 5
1997	LT05_0857_19971102_20240106_02_T1	19971102	LANDSAT 5
2007	LE07_0857_20070223_20200913_02_T1	20070223	LANDSAT 7
2023	LC08_0857_20231212_20231215_02_T1	20231212	LANDSAT 8
2024	LC09_0857_20240410_20240410_02_T1	20240410	LANDSAT 9

Tabela 2 - Características gerais do reservatório do Muña.
Fonte: Serviço Geológico dos Estados Unidos (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio de técnicas de sensoriamento remoto e do uso de imagens provenientes dos satélites Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8 e Landsat 9, foram geradas as informações necessárias para a análise da seca e de seus efeitos sobre o reservatório El Muña. As imagens foram obtidas a partir do servidor EarthExplorer USGS, sendo selecionadas apenas aquelas livres de nebulosidade e isentas de defeitos de captura ou transmissão, como linhas de bandamento ou erros de digitalização. A partir desse conjunto de imagens, delimitou-se a área de estudo com o objetivo de realizar uma análise multitemporal e identificar as alterações na cobertura vegetal do reservatório. Em seguida, foram conduzidas

as análises correspondentes à variável NDVI, conforme procedimentos descritos metodologia e exemplificados pela Figura 3.

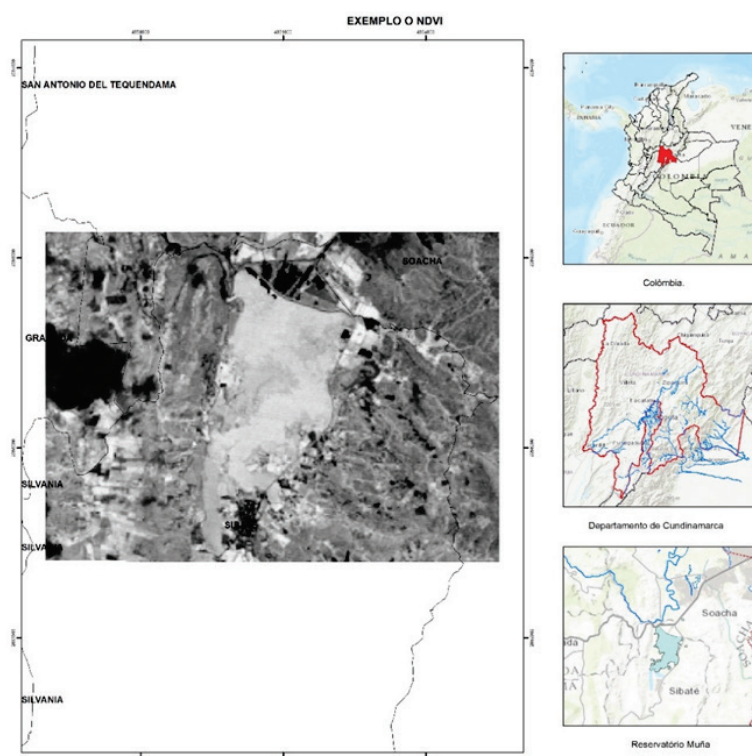


Figura 3 - exemplo do NDVI.

Fonte: Os autores (2025).

Para o cálculo do NDVI, a área de estudo correspondente ao reservatório El Muña foi inicialmente delimitada e devidamente georreferenciada. A partir das imagens de satélite selecionadas, extraíram-se os recortes espaciais referentes ao perímetro da área de interesse, conforme ilustrado na Figura 3. O cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) permitiu identificar a ocorrência de desmatamento no reservatório El Muña, bem como delimitar áreas desprovidas de cobertura vegetal. Essa análise possibilitou avaliar se a área de estudo apresentava indícios de degradação ambiental ou de manejo inadequado do ecossistema (Mahendra et al., 2024). O NDVI foi empregado para a classificação de cinco categorias: corpos d'água, pastagens, resíduos, áreas sem vegetação e nuvens, conforme ilustrado nas Figuras 3 e 4.

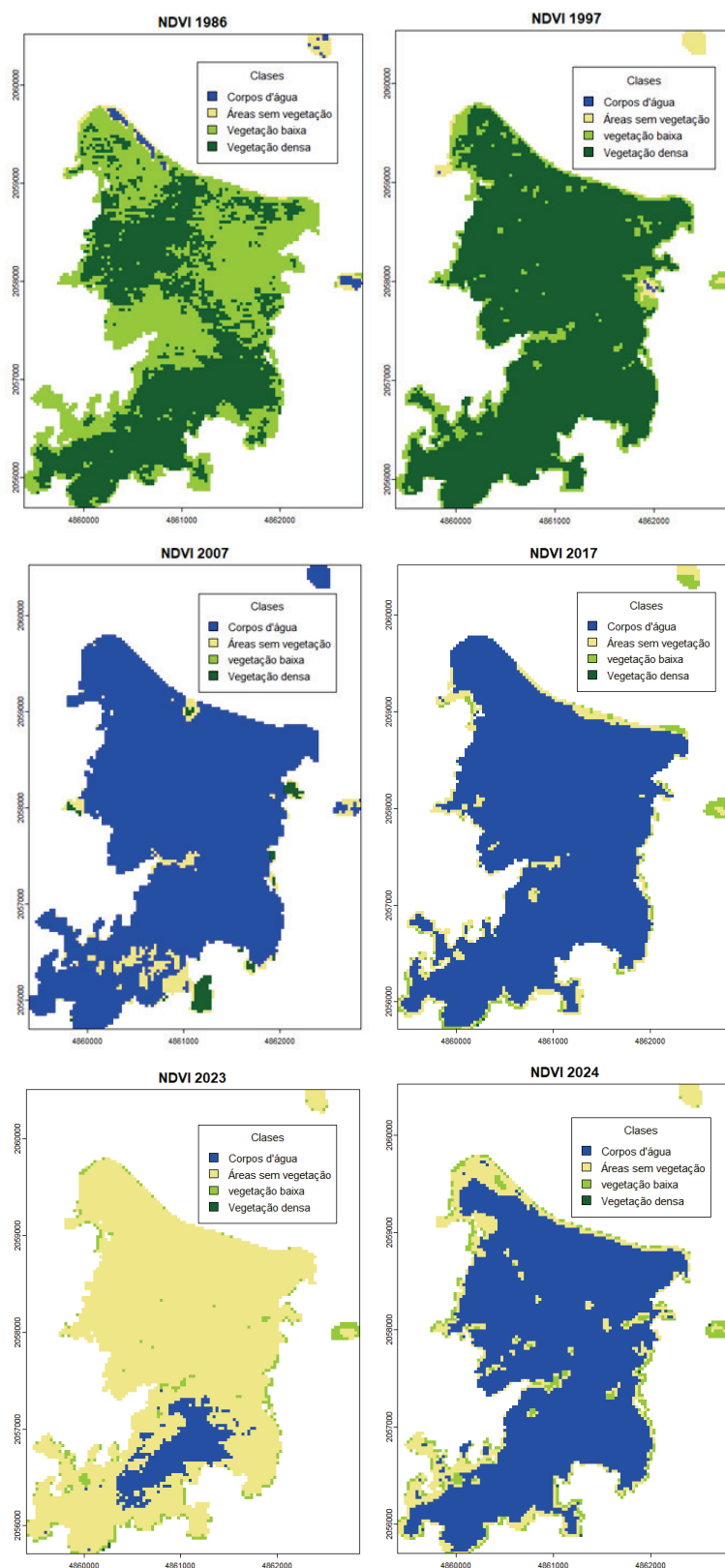


Figura 4 - NDVI ao longo dos anos reservatório Muña.
Fonte: Os autores (2025).

O NDVI mostrou-se uma ferramenta útil para estimar o fator de manejo da cobertura vegetal, fornecendo uma dimensão temporal consistente para a avaliação do risco de erosão do solo um aspecto de grande relevância para a análise ambiental em diferentes regiões. A classe dos Corpos d'água indicam variações significativas no reservatório, como é o caso da seca de 2023. No entanto, embora tenha boa aplicação para períodos recentes, a resolução espacial das imagens do Landsat 5 não permitiu uma boa utilização deste índice, considerando a área e dimensão deste reservatório.

De forma complementar, o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) também foi calculado, sendo considerado fundamental para a determinação do NDDI, uma vez que é amplamente utilizado no monitoramento da seca e apresenta alta sensibilidade às variações no conteúdo de água líquida da vegetação (SINGH et al., 2021). Posteriormente, a área correspondente ao reservatório El Muña foi classificada conforme os intervalos apresentados na Tabela 3.

Classificação	Valor
Seca muito forte	< 0.01
Seca forte	0.01 – 0.1
Extremamente seco	0.1 – 0.2
Seca fraca	0.2 – 0.4
Baixo conteúdo de umidade	> 0.4

Tabela 3 - Classificação dos valores de NDWI.

Fonte: Adaptado de Gulácsi e Kovács (2015);

Esse índice é amplamente empregado devido à sua elevada sensibilidade às condições de seca, não se tratando apenas de uma diferença entre o NDVI e o NDWI, mas de um indicador mais responsivo à escassez hídrica do que ambos os índices analisados separadamente (Nguyen et al., 2024). Para a classificação dos valores de NDDI, foi utilizada a Tabela 4, elaborada com base no método proposto por Campaña-Olaya (2023) adaptada às condições específicas do reservatório El Muña.

Classificação	Categoria	Valor
H5 a H1	Corresponde a diferentes áreas que podem estar cobertas por neve, água líquida, salinas, solos saturados e/ou com uma lâmina de água.	< -200
H0	Atribuído a áreas sem seca, com vegetação sem estresse hídrico.	-200 até 600
H0 a H00	Estabelecido para solos úmidos, embora não estejam na capacidade máxima de armazenamento de água.	600 até 2200
H0S1	Áreas com menor umidade no solo ou uma maior relação solo/cultivo (não indica uma situação de seca).	2200 até 5000
S1	Situação de seca incipiente.	5000 até 9000
S2	Condição de seca média, atribuída a áreas de vegetação com estresse hídrico.	9000 até 18000
S3	Estado de seca extrema, corresponde a áreas com alto estresse hídrico na vegetação.	> 18000

Tabela 4 - Classificação dos valores de NDDI.

Fonte: Adaptado de Campaña, 2023.

Os resultados obtidos a partir da análise dos índices de vegetação (NDVI), do conteúdo de água (NDWI) e do índice de seca (NDDI) ao longo dos anos evidenciam as variações temporais e espaciais observadas na área de estudo. A análise temporal do índice NDVI revela que, em 1986, predominava uma ampla extensão de vegetação moderada a densa, enquanto as áreas com vegetação esparsa eram praticamente inexistentes. Em 1997, começaram a surgir zonas com menor densidade vegetal, indicando os primeiros sinais de deterioração ambiental em determinados setores. Já em 2007, observou-se um aumento expressivo das áreas sem vegetação ou com cobertura vegetal reduzida, sugerindo uma perda significativa de biomassa e de integridade ecológica. Em 2017, registrou-se uma diminuição acentuada da vegetação densa, com predomínio da vegetação moderada na maior parte da área de estudo. Nos anos 2023–2024, a expansão das áreas com vegetação rala e a redução drástica da cobertura densa evidenciam a continuidade do processo de degradação ambiental (Figura 7).

A partir dessas observações, infere-se que o índice NDVI evidencia um processo contínuo de deterioração da cobertura vegetal, caracterizado por uma transição gradual de áreas com vegetação densa para regiões com vegetação rala ou desprovidas de cobertura. Esse comportamento está associado a uma leve

redução nos valores médios ao longo dos anos (média = 0,117), indicando uma perda progressiva de vegetação no período analisado (Tabela 5).

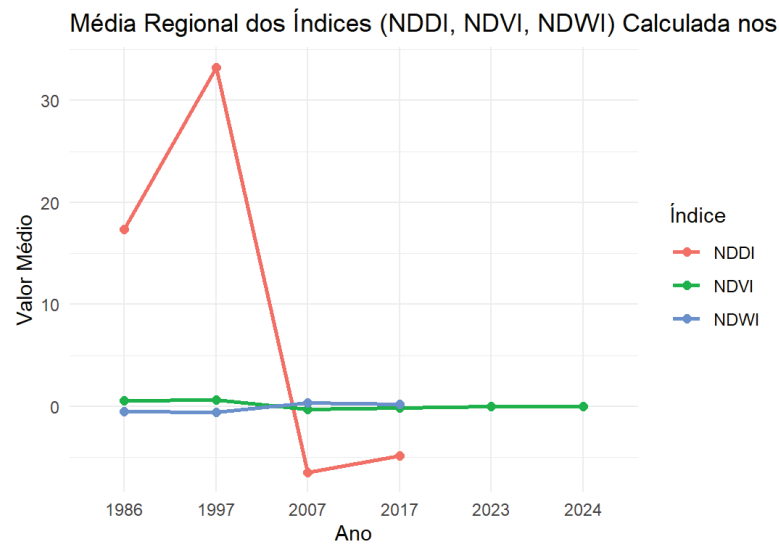


Figura 7 - Média Regional dos Índices (NDDI, NDVI, NDWI) calculada entre 1986-2024.
Fonte: Os autores (2025).

Índice	Media geral	Tendência identificada
NDVI	0.117	Leve diminuição nos últimos anos (indica possível perda de vegetação).
NDWI	-0.145	Valores consistentemente negativos (indicam baixo teor de água ou áreas secas).
NDDI	9.815	Variabilidade muito alta, com um pico em 1997 e diminuição nos anos recentes.

Tabela 5 - Resumo estatístico geral por índice, calculado ao longo de toda a série temporal (1986-2024).
Fonte: Os autores (2025).

Com base nos resultados, verifica-se que, em 1986, as zonas úmidas predominavam, embora algumas áreas já apresentassem indícios de seca moderada. No período entre 1997 e 2007, observou-se um aumento das áreas classificadas como secas, acompanhado por uma redução no conteúdo de umidade superficial. Já entre 2017 e 2024, verificou-se uma diminuição da vegetação e a ocorrência de condição seca em 2023, com as áreas de alta umidade tornando-se cada vez mais escassas. A análise do índice NDWI revela uma tendência clara de perda gradual de umidade na região, associada à expansão

progressiva das áreas áridas. Os valores médios do índice mantiveram-se consistentemente negativos (-0,145), indicando baixo teor de água e confirmando a presença de extensas áreas secas, em concordância com os resultados apresentados no gráfico correspondente.

A análise do índice NDDI confirma essa tendência, indicando que a região experimentou um pico crítico de seca em 1997, seguido por uma leve diminuição nos anos posteriores. Esse comportamento é corroborado pela variabilidade do índice, cuja média foi de 9,815, evidenciando a forte intensidade do evento de seca nesse período. A comparação entre os índices evidencia padrões consistentes: à medida que a vegetação diminui (NDVI), observa-se também uma redução no conteúdo de umidade (NDWI), sugerindo uma correlação direta entre a degradação da vegetação e a diminuição dos recursos hídricos.

NDWI e NDDI: as áreas com baixo teor de umidade no NDWI geralmente coincidem com aquelas classificadas como de seca extrema no NDDI, reforçando que a seca intensa está intimamente associada à perda de umidade na região. NDVI e NDDI: as zonas com redução da cobertura vegetal correspondem a áreas de aumento das condições de seca, confirmando a estreita relação entre aridez e degradação ambiental.

Os resultados obtidos evidenciam uma tendência clara de degradação ambiental na área do reservatório El Muña. Ao longo da série temporal analisada, os índices NDVI, NDWI e NDDI indicam um processo progressivo de perda de cobertura vegetal e de redução dos recursos hídricos. A diminuição da vegetação observada no NDVI está diretamente associada à expansão das áreas secas e à diminuição da disponibilidade hídrica, conforme corroborado pelos valores de NDWI e NDDI. Dessa forma, algumas áreas anteriormente classificadas como vegetadas ou úmidas passaram a ser identificadas como zonas de baixa cobertura vegetal, e passam a demandar atenção prioritária para ações de mitigação ou restauração ambiental.

De modo geral, a análise integrada dos índices espectrais sugere que a região do reservatório El Muña tem enfrentado secas prolongadas e uma perda contínua de vegetação. Esses resultados reforçam a necessidade de desenvolver estratégias de gestão dos recursos hídricos e de restauração ecológica, voltadas à mitigação dos impactos decorrentes da seca e da degradação ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo multitemporal realizado para o reservatório El Muña demonstra uma tendência inequívoca de degradação ambiental nas últimas décadas. Essa deterioração é evidenciada pela redução progressiva da vegetação densa e pela concomitante expansão de áreas com reduzidos teores de umidade e em condição de seca extrema. Nesse contexto, os índices espectrais (NDVI, NDWI e NDDI) revelaram-se ferramentas diagnósticas altamente eficazes, permitindo detectar e caracterizar essas transformações e, crucialmente, identificar uma forte correlação entre o declínio da cobertura vegetal e a perda de conteúdo hídrico.

Do ponto de vista da governança e da gestão ambiental, os resultados obtidos sublinham a urgência de integrar o monitoramento sistemático por sensoriamento remoto aos instrumentos de planejamento hídrico e territorial. Tal integração é essencial para fornecer a base técnica para ações de restauração ecológica, mitigação da erosão e promoção do uso sustentável dos recursos. O aprofundamento da pesquisa, por meio de séries históricas mais densas e da inclusão de variáveis climáticas adicionais, otimizará a compreensão da dinâmica ambiental do reservatório e balizará políticas públicas mais assertivas para a mitigação da seca e a conservação dos ecossistemas estratégicos andinos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Ministério da Educação do Brasil, pelo apoio financeiro

concedido por meio de bolsa de estudos, que viabilizou o desenvolvimento desta pesquisa, junto com Universidade Federal do Paraná.

REFERÊNCIAS

AHMAD, I. et al. Climate change-induced spatiotemporal variations of land use land cover by using multitemporal satellite imagery analysis. **Journal of Water and Climate Change**, v. 15, n. 5, p. 2244, 2024. DOI: 10.2166/wcc.2024.675. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2166/wcc.2024.675>.

ALAHACON, N.; EDIRISINGHE, M. A comprehensive assessment of remote sensing and traditional based drought monitoring indices at global and regional scale. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v. 13, n. 1, p. 762–799, 2022. DOI: 10.1080/19475705.2022.2044394. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19475705.2022.2044394>.

AVAND, M.; MORADI, H. R.; HAZBAVI, Z. Interactive Changes in Climatic and Hydrological Droughts, Water Quality, and Land Use/Cover of Tajan Watershed, Northern Iran. **Water**, v. 16, n. 13, p. 1784, 2024. DOI: 10.3390/w16131784. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w16131784>.

ÁVILA-VÉLEZ, E. F.; ESCOBAR-ESCOBAR, N.; MORANTES-CHOCONTA, C. F. Applying satellite images to spectral signature development of maize production (*Zea mays* L.) under Colombia's middle tropics conditions. **Entramado**, v. 15, n. 2, p. 256–262, 2019. DOI: 10.18041/1900-3803/ENTRAMADO.2.5734. Disponível em: <https://doi.org/10.18041/1900-3803/ENTRAMADO.2.5734>.

BHAGA, T. D. et al. Investigating the effectiveness of Landsat-8 OLI and Sentinel-2 MSI satellite data in monitoring the effects of drought on surface water resources in the Western Cape Province, South Africa. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 31, p. 101037, 2023. DOI: 10.1016/j.rsase.2023.101037. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101037>.

CAMPAÑA OLAYA, J. F. **Análisis multitemporal de la sequía y la deforestación y su influencia en la degradación de la Reserva Nacional de Tumbes - Perú**. Tumbes, 2023. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Escola de Pós-Graduação, Universidade Nacional de Tumbes, Tumbes, 2023.

CHUVIECO, E. Fundamentos de teledetección espacial. **Estudios Geográficos**, v. 52, n. 203, p. 371, 1991.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA (CAR). **Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica del río Bogotá, subcuenca embalse del Muña**: CAR, 2005.

GULÁCSI, A.; KOVÁCS, F. Drought Monitoring With Spectral Indices Calculated From Modis Satellite Images In Hungary. **Journal of Environmental Geography**, v. 8, n. 3-4, p. 11-20, 2015. DOI: 10.1515/jengeo-2015-0008. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/jengeo-2015-0008>.

HANH, L. N. et al. **Spatial-Temporal Assessment of Drought in Hoa Vang district, Da Nang City, Vietnam Using Remote Sensing and Google Earth Engine**. In: GEOSHANGHAI, 2024, Shanghai. GeoShanghai 2024 – Volume 6: IOP Publishing, 2024. p. 012013. (IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 1345). DOI: 10.1088/1755-1315/1345/1/012013. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1345/1/012013>.

IMTIAZ, F. et al. An inclusive approach to crop soil moisture estimation: Leveraging satellite thermal infrared bands and vegetation indices on Google Earth engine. **Agricultural Water Management**, v. 306, p. 109172, 2024. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.109172. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109172>.

JABRAYILOV, E. A. Monitoring of Fragile Ecosystems with Spectral Indices Using Sentinel-2A MSI Data in Shahdagh National Park. **GEOGRAPHY, ENVIRONMENT, SUSTAINABILITY**, v. 15, n. 1, p. 70-77, 2022. DOI: 10.24057/2071-9388-2021-006. Disponível em: <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-006>.

JUNG, H. et al. Spatiotemporal variability of vegetation response to meteorological drought on the Korean Peninsula. **Hydrology Research**, v. 54, n. 12, p. 1625, 2023. DOI: 10.2166/nh.2023.237. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2166/nh.2023.237>.

KCHOUK, S. et al. A review of drought indices: predominance of drivers over impacts and the importance of local context. **Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions**, 2021. Preprint. DOI: 10.5194/nhess-2021-152. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/nhess-2021-152>.

KUMAR, V. et al. Advancements in drought using remote sensing: assessing progress, overcoming challenges, and exploring future opportunities. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 155, n. 2, p. 4251-4288, 2024. DOI: 10.1007/s00704-024-04914-w. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-024-04914-w>.

LI, A. et al. Comprehensive Analysis of the Driving Forces Behind NDVI Variability in China Under Climate Change Conditions and Future Scenario Projections. **Atmosphere**, v. 16, n. 6, p. 738, 2025. DOI: 10.3390/atmos16060738. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/atmos16060738>.

MAHENDRA, H. N. et al. LULC change detection analysis of Chamarajanagar district, Karnataka state, India using CNN-based deep learning method. **Advances in Space Research**, v. 74, p. 6384-6408, 2024. DOI:

10.1016/j.asr.2024.07.066. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.07.066>.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento – RAD 2023**. São Paulo: Projeto MapBiomass, 2023. Disponível em:
<https://brasil.mapbiomas.org/relatorios>.

MCFEETERS, S. K. The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. **International Journal of Remote Sensing**, [S. l.], v. 17, n. 7, p. 1425–1432, 1996. DOI: 10.1080/01431169608948714. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/01431169608948714>.

MEHTA, D.; YADAVA, S. M. Temporal analysis of rainfall and drought characteristics over Jalore District of S-W Rajasthan. **Water Practice & Technology**, v. 17, n. 1, p. 254–261, 2022. DOI: 10.2166/wpt.2021.114. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wpt.2021.114>.

NGUYEN, M. H. et al. A modification of normalized difference drought index to enhance drought assessment using remotely sensed imagery. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S. l.], v. 196, n. 8, p. 883, 2024. DOI: 10.1007/s10661-024-13060-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13060-9>.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). In: NASA. **Proceedings of the Third ERTS Symposium**. [S. l.: s. n.], 1973. p. 309–317. SP-351.

SATAPATHY, T.; DIETRICH, J.; RAMADAS, M. Agricultural drought monitoring and early warning at the regional scale using a remote sensing-based combined index. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 196, n. 11, p. 1132, 2024. DOI: 10.1007/s10661-024-13265-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13265-y>.

SINGH, T. P. et al. Drought risk assessment and prediction using artificial intelligence over the southern Maharashtra state of India. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 7, p. 2005–2013, 2021. DOI: 10.1007/s40808-020-00947-y. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00947-y>

VALBUENA-GAONA, L. A. et al. Análisis climático: comportamiento de lluvias y sequías en zonas productoras de papa. **Revista Fedepapa**, n. 61, 2024.

XU, L. et al. Comparative analysis of machine learning models and explainable AI for agriculture drought prediction: A case study of the Ta-pieh mountains. **Agricultural Water Management**, v. 306, p. 109176, 2024. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.109176. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109176>.

CAPÍTULO III

ESVAZIAMENTO DEMOGRÁFICO NA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE CORNÉLIO PROCÓPIO- BANDEIRANTES (2010-2022)

Lucas Henrique Campos Vasconcelos⁶
Sergio Aparecido Nabarro⁷

RESUMO

O presente artigo aborda o esvaziamento demográfico na Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes, localizada no norte do Estado do Paraná, entre os anos de 2010 e 2022. O objetivo é analisar a variação demográfica no período, identificando os municípios que apresentaram crescimento, estabilidade ou redução populacional e relacionando essas tendências à dinâmica econômica e territorial local. Os procedimentos metodológicos envolveram o levantamento teórico-conceitual sobre a questão demográfica, a coleta de dados secundários junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a elaboração de representações cartográficas e gráficas e, por fim, a sistematização das informações obtidas na redação final. Os resultados indicam que a região vem passando por um esvaziamento populacional generalizado, com quedas mesmo nos municípios de maior porte, como Cornélio Procópio e Bandeirantes. Essa tendência revela uma perda contínua de dinamismo econômico e social, associada à baixa capacidade de retenção populacional e à escassez de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento local.

Palavras-chave: Dinâmica Demográfica; Declínio Populacional; Desenvolvimento Regional; Transformações Econômicas. Pequenas Cidades.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, diversos estudos têm se voltado à análise do esvaziamento populacional, sobretudo em pequenas cidades. No estado do Paraná, essas pesquisas têm se concentrado principalmente na porção norte do

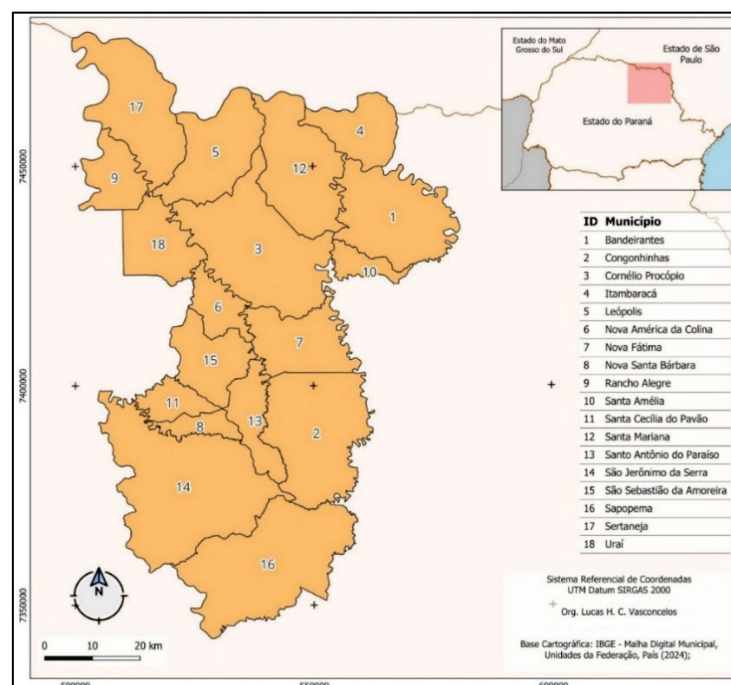
⁶ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina (PPGEO-UEL), lucas.henrique94@uel.br.

⁷ Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina (PPGEO-UEL), sergionabarro@uel.br.

território, onde o declínio populacional tem se mostrado mais expressivo nos municípios de pequeno porte demográfico. O aumento do interesse pelo tema reflete a preocupação com os efeitos da perda populacional sobre a economia local, os serviços públicos e a organização territorial dessas cidades (Endlich, 2006; Guergolette, 2025).

Nesse contexto, o presente artigo busca contribuir para esse debate ao analisar o esvaziamento demográfico na Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes, com base na variação populacional de seus municípios entre os Censos Demográficos de 2010 e 2022.

A Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes está localizada no norte do Estado do Paraná e integra a Região Geográfica Intermediária de Londrina. É composta por 18 municípios: Bandeirantes, Congonhinhas, Cornélio Procópio, Itambaracá, Leopólis, Nova América da Colina, Nova Fátima, Nova Santa Bárbara, Rancho Alegre, Santa Amélia, Santa Cecília do Pavão, Santa Mariana, Santo Antônio do Paraíso, São Jerônimo da Serra, São Sebastião da Amoreira, Sapopema, Sertaneja e Uraí (Mapa 01).



Mapa 01 - Localização da Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes.

Fonte: IBGE (2024)

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025), todos os municípios que compõem a região são classificados como de pequeno porte demográfico, caracterizados por populações reduzidas e forte dependência dos centros urbanos regionais. Conforme o Censo Demográfico de 2022, a região abriga 174.220 habitantes, dos quais aproximadamente 26% residem em Cornélio Procópio - município mais populoso - e 18% em Bandeirantes, o segundo em número de habitantes.

Além desta introdução, o artigo está estruturado em dois capítulos principais. O primeiro, intitulado “Dinâmica Demográfica e o contexto da Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes”, apresenta um panorama histórico e socioeconômico da região, destacando os fatores que influenciaram sua formação e evolução populacional ao longo do tempo. O segundo capítulo, denominado “Esvaziamento Demográfico na Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes entre 2010 e 2022”, analisa os dados censitários recentes, evidenciando as tendências de declínio populacional e suas implicações territoriais e econômicas. Por fim, são apresentadas as considerações finais, nas quais se discutem os principais resultados obtidos e as reflexões acerca das perspectivas futuras para o desenvolvimento regional.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos adotados neste estudo compreenderam o levantamento de referenciais teóricos relacionados à questão demográfica, com ênfase em autores que discutem o esvaziamento populacional, o desenvolvimento regional e as transformações socioeconômicas do espaço. Essa fundamentação teórica permitiu compreender o fenômeno em uma perspectiva mais ampla, articulando os processos locais observados na Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes às dinâmicas econômicas e territoriais de escala regional e nacional.

Na etapa empírica, realizou-se a coleta de dados secundários junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com base nos Censos Demográficos de 2010 e 2022, além de informações complementares da Divisão Regional do Brasil (2017). A partir desses dados, foram elaboradas produções cartográficas e gráficos que permitiram representar espacialmente a variação populacional dos municípios da região e identificar padrões de crescimento, estabilidade e declínio. Por fim, os resultados foram sistematizados e analisados de forma comparativa, buscando interpretar as tendências demográficas, culminando na elaboração da redação final deste artigo.

DINÂMICA DEMOGRÁFICA E O CONTEXTO DA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE CORNÉLIO PROCÓPIO-BANDEIRANTES

Ao longo do século XX, o Brasil passou por profundas transformações demográficas e espaciais, que resultaram em sua consolidação como um país essencialmente urbano. Até meados da década de 1950, a maior parte da população ainda vivia em áreas rurais, sustentada por uma economia predominantemente agroexportadora (Furtado, 2020). Entretanto, o avanço da industrialização, a modernização das atividades agrícolas e a expansão da infraestrutura urbana provocaram intensos fluxos migratórios do campo para as cidades.

Esse processo de urbanização acelerada alterou profundamente a distribuição da população no território nacional, concentrando pessoas, atividades econômicas e serviços nos centros urbanos. A partir da década de 1970, a população urbana superou a rural, marcando uma nova etapa na organização espacial do país (IBGE, 2025). Desde então, as cidades se tornaram o principal espaço de produção e reprodução da vida social e econômica brasileira, refletindo as transformações do desenvolvimento nacional e as desigualdades regionais que ainda persistem. Além disso, conforme Santos (1988, p. 14) menciona:

Os progressos da medicina, lentamente obtidos nos séculos anteriores, se multiplicam desde o fim do século XIX. Então, o crescimento demográfico torna-se estável, graças à queda da mortalidade e à normalização ou ao aumento da natalidade. Aliás, esses últimos fenômenos são muito mais sensíveis nos países 'novos' ou 'subdesenvolvidos'. Da instabilidade da curva demográfica, passamos a um crescimento galopante da população mundial (Santos, 1988, p. 14).

Na Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes, esses movimentos também foram determinantes. Foi durante o século XX que a maioria de seus municípios surgiu e se consolidou, impulsionada principalmente pela expansão da cafeicultura e pela organização da rede urbana regional. O avanço das lavouras de café atraiu fluxos migratórios intensos, estimulando a criação de vilas, distritos e posteriormente municípios, o que contribuiu para a fixação populacional e para o fortalecimento das economias locais (IPARDES, 2017).

O crescimento das sedes municipais refletiu o mesmo processo de urbanização que marcou o território brasileiro no século passado. A concentração populacional nas cidades foi favorecida não apenas pela mecanização agrícola, mas também pelas melhorias nas condições de vida urbana, com destaque para a ampliação do acesso a serviços públicos, especialmente nas áreas de saúde, saneamento e educação.

Esses avanços contribuíram para a redução das taxas de mortalidade e para o aumento da expectativa de vida, tornando o ambiente urbano mais atrativo em relação ao rural. Assim, a trajetória da Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes expressa, em escala local, as transformações demográficas e sociais que acompanharam a urbanização brasileira ao longo do século XX. O Gráfico 01 apresenta a evolução da população da Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes entre 1950 e 2022.

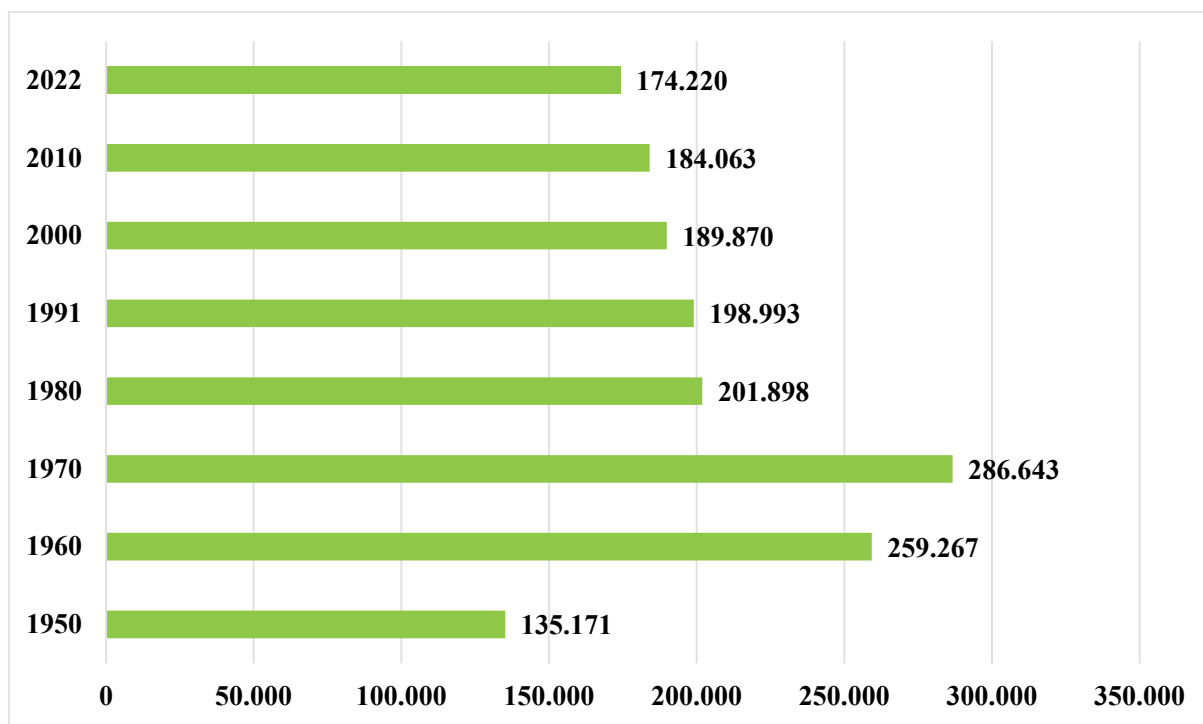


Gráfico 01 - População da Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes (1950-2022).

Fonte: IBGE (2025).

O gráfico revela transformações populacionais significativas na Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes ao longo das últimas sete décadas. Entre 1950 e 1970, observa-se um expressivo crescimento populacional, com a população regional passando de 135.171 para 286.643 habitantes. Esse aumento, de mais de 110%, reflete o auge da expansão agrícola e o fortalecimento da economia cafeeira⁸, que impulsionaram o processo de ocupação e a formação dos municípios. Nesse período, o crescimento médio anual foi elevado, indicando forte capacidade de atração populacional e consolidação urbana.

A partir da década de 1970, contudo, a tendência se inverteu de forma abrupta. Entre 1970 e 1980, a região perdeu aproximadamente 85 mil habitantes, marcando o início de um processo de esvaziamento populacional que se

⁸ No livro *Formação de uma economia periférica: o caso do Paraná*, Pedro Padis (1981) apresenta em detalhes a importância da economia cafeeira para o processo de ocupação e formação econômica dos municípios situados no norte do Estado do Paraná.

prolongou pelas décadas seguintes. As transformações na base econômica, com o declínio da cafeicultura, a mecanização agrícola e a migração em direção a centros urbanos maiores, resultaram em queda contínua no número de habitantes⁹. Desde então, o ritmo de redução populacional tem se mantido constante, embora menos intenso: de 201.898 habitantes em 1980 para 174.220 em 2022.

De modo geral, o período de 1970 a 2022 representa uma perda de cerca de 39% da população regional, evidenciando uma tendência persistente de declínio demográfico. Mesmo que o total de habitantes de 2022 ainda supere o registrado em 1950, a trajetória recente demonstra um esvaziamento progressivo, especialmente nos municípios de menor porte. Entre 2010 e 2022, por exemplo, a população regional diminuiu em cerca de 5%, confirmando a continuidade do processo de retração populacional.

De modo geral, o Gráfico evidencia três fases distintas na evolução demográfica da Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes. A primeira, entre 1950 e 1970, corresponde a um período de forte expansão populacional, quando o número de habitantes aumentou de 135.171 para 286.643. A segunda fase, marcada pela década de 1970, representa uma ruptura no padrão de crescimento: entre 1970 e 1980, a região perdeu 84.745 habitantes, o que equivale a uma redução de 29,6% – o maior recuo de toda a série histórica demonstrada. A terceira fase, iniciada a partir de 1980, caracteriza-se por um declínio demográfico contínuo, porém mais gradual, com a população diminuindo de 201.898 habitantes em 1980 para 174.220 em 2022.

Conforme observado também no Noroeste do Estado do Paraná, como aponta Carvalho (2016), os maiores municípios da Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes – Cornélio Procópio e Bandeirantes, especialmente o primeiro – desenvolveram papéis de centralidade na oferta de

⁹ Em sua tese de doutorado *Substituição de culturas, modernização agrícola e organização do espaço rural no norte do Paraná*, Moro (1991) apresenta uma série de fatores que contribuíram para o declínio da economia cafeeira na região norte do Estado.

serviços públicos e privados, mesmo tendo apresentado redução populacional nas últimas décadas.

Essas cidades exercem funções regionais relevantes, concentrando atividades administrativas, educacionais, de saúde e de comércio, o que as torna polos de referência para os municípios vizinhos. Em Cornélio Procópio, destacam-se a Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e o Hospital Regional do Norte Pioneiro, enquanto em Bandeirantes sobressaem a Universidade Estadual do Norte do Paraná e o Santuário São Miguel Arcanjo, ambos exemplos significativos de serviços e equipamentos urbanos que reforçam sua função central na região.

O estudo Regiões de Influência das Cidades (REGIC) e a nova proposta de regionalização do IBGE confirmam essa tendência ao evidenciarem a capacidade de atração exercida por Cornélio Procópio e Bandeirantes sobre os municípios do entorno (IBGE, 2018). O desenvolvimento das vias rodoviárias e a melhoria da acessibilidade regional – como a BR-369, principal eixo de ligação – facilitaram o deslocamento populacional dos pequenos municípios em direção a essas cidades, intensificando os fluxos cotidianos motivados pela busca por bens, serviços e oportunidades de trabalho. Dessa forma, ambas se consolidam como centros intermediários, articulando a dinâmica socioeconômica da região e exercendo influência direta sobre os demais municípios de pequeno porte.

Diferentemente de outras regiões do estado e do país, onde as cidades de maior porte demográfico tendem a manter crescimento populacional mesmo em contextos de esvaziamento regional – como apontam os estudos de Guergolette (2025) e Carvalho (2016), a Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes apresenta um comportamento singular. Observa-se que até mesmo os municípios de maior expressão populacional, como Cornélio Procópio e Bandeirantes, vêm registrando perdas persistentes de habitantes nas últimas décadas. Apesar de exercerem papéis centrais na oferta de serviços públicos e privados, essas cidades não têm conseguido reter nem atrair população em

intensidade suficiente para compensar o declínio demográfico dos municípios menores.

Esse quadro revela uma fragilidade estrutural no processo de urbanização regional, sugerindo que a centralidade funcional, embora consolidada, não tem sido capaz de promover dinamismo populacional. A permanência dessa tendência suscita reflexões sobre os limites da centralidade de serviços como elemento de sustentação do crescimento urbano e sobre as implicações territoriais e socioeconômicas de um processo de esvaziamento que atinge, inclusive, os principais centros urbanos da região.

Destaca-se que a Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes apresenta uma estrutura econômica fortemente dependente do agronegócio, o que influencia diretamente sua dinâmica demográfica. Nas últimas décadas, a modernização produtiva e a concentração fundiária reduziram as oportunidades de trabalho no campo, intensificando os fluxos migratórios para centros urbanos maiores e para novas fronteiras agrícolas, especialmente na região Centro-Oeste do país. Esse movimento reflete a reconfiguração territorial provocada pela racionalização da produção agrícola e pela busca de áreas com maiores possibilidades de expansão econômica (IPARDES, 2017).

Pode-se afirmar que a Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes passou por transformações econômicas e demográficas significativas ao longo de sua história. O crescimento populacional expressivo verificado durante o auge da economia cafeeira consolidou os municípios e estruturou a ocupação regional. Contudo, o declínio desse ciclo, aliado à ausência de diversificação produtiva, resultou em perdas populacionais persistentes e em um prolongado cenário de estagnação. A economia regional permanece fortemente dependente do setor primário, caracterizado pela baixa geração de empregos e pela oferta de salários reduzidos, conforme apontam os dados do IBGE, o que limita a fixação da população e restringe as perspectivas de desenvolvimento. Somada a isso, a ausência de políticas públicas consistentes e

de ações efetivas do Estado voltadas à promoção de novas atividades econômicas reforça esse quadro, impedindo que a região recupere o dinamismo que marcou as décadas de maior crescimento demográfico e econômico.

ESVAZIAMENTO DEMOGRÁFICO NA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA DE CORNÉLIO PROCÓPIO-BANDEIRANTES 2010-2022

Neste capítulo, será analisado o processo de esvaziamento populacional da Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes no período compreendido entre 2010 e 2022, que foi o objetivo de estudo do artigo. Conforme discutido no tópico anterior, a região apresenta um longo histórico de declínio demográfico, resultado de transformações econômicas e estruturais que impactaram diretamente a distribuição e o comportamento da população. A análise deste recorte temporal permite compreender como essa tendência se manteve nas últimas décadas, evidenciando os municípios que mais perderam habitantes, aqueles que apresentaram estabilidade e os poucos que registraram crescimento populacional, refletindo as desigualdades internas que caracterizam a dinâmica regional. O Gráfico 02 mostra a população dos cinco municípios mais populosos da região em 2010 e 2022.

Nota-se uma forte hierarquia interna da Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes: Cornélio Procópio (45.206 hab.) e Bandeirantes (31.273 hab.) concentram, juntos, 76.479 habitantes, o que corresponde a cerca de 44% do total regional. Os três seguintes – Santa Mariana (11.066), São Jerônimo da Serra (10.830) e Uraí (10.406) – somam 32.302 habitantes e permanecem muito abaixo do patamar dos dois polos. A comparação com 2010 mostra estabilidade do ranking e até um leve aumento da distância entre o 2º e o 3º colocado (Bandeirantes tinha $\approx 2,59$ vezes o tamanho de Santa Mariana em 2010 e passa a ter $\approx 2,83$ vezes em 2022), evidenciando uma bi-centralidade dominada por Cornélio Procópio e Bandeirantes.

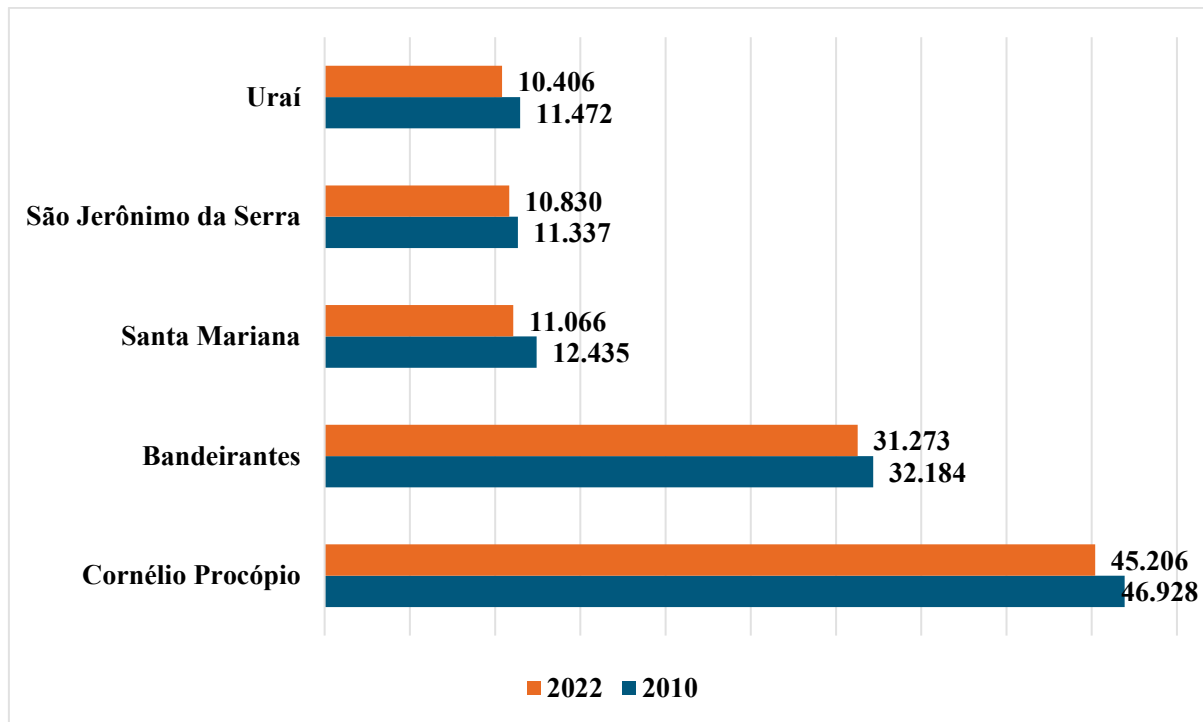


Gráfico 02 - Municípios mais populosos da Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes (2010-2022).

Fonte: IBGE (2025).

Apesar da centralidade funcional – universidades, serviços de saúde e comércio regional –, ambos os polos perderam população no período 2010-2022: Cornélio Procópio reduz 1.722 habitantes (-3,7%), média de cerca de -144/ano; Bandeirantes, -911 (-2,8%), aproximadamente -76/ano. Entre os demais, as quedas são mais intensas em termos relativos: Santa Mariana -1.369 (-11,0%), Uraí -1.066 (-9,3%) e São Jerônimo da Serra -507 (-4,5%). No conjunto dos cinco mais populosos, a redução é de 5.575 habitantes (de 114.356 para 108.781).

Do ponto de vista estrutural, os dados sugerem que a centralidade de serviços não tem se convertido em tração demográfica. Cornélio Procópio e Bandeirantes mantêm a liderança e até ampliam relativamente sua participação frente aos demais (participação conjunta passa de $\approx 43\%$ em 2010 para $\approx 44\%$ em 2022), mas continuam encolhendo em termos absolutos. Em síntese, a região combina forte concentração hierárquica (com dois polos destacados) com declínio populacional persistente em todas as posições da hierarquia, revelando um padrão de centralidade funcional sem capacidade de reter ou atrair

população no agregado entre 2010 e 2022. Já o Gráfico 03 apresenta os cinco municípios menos populosos da região.

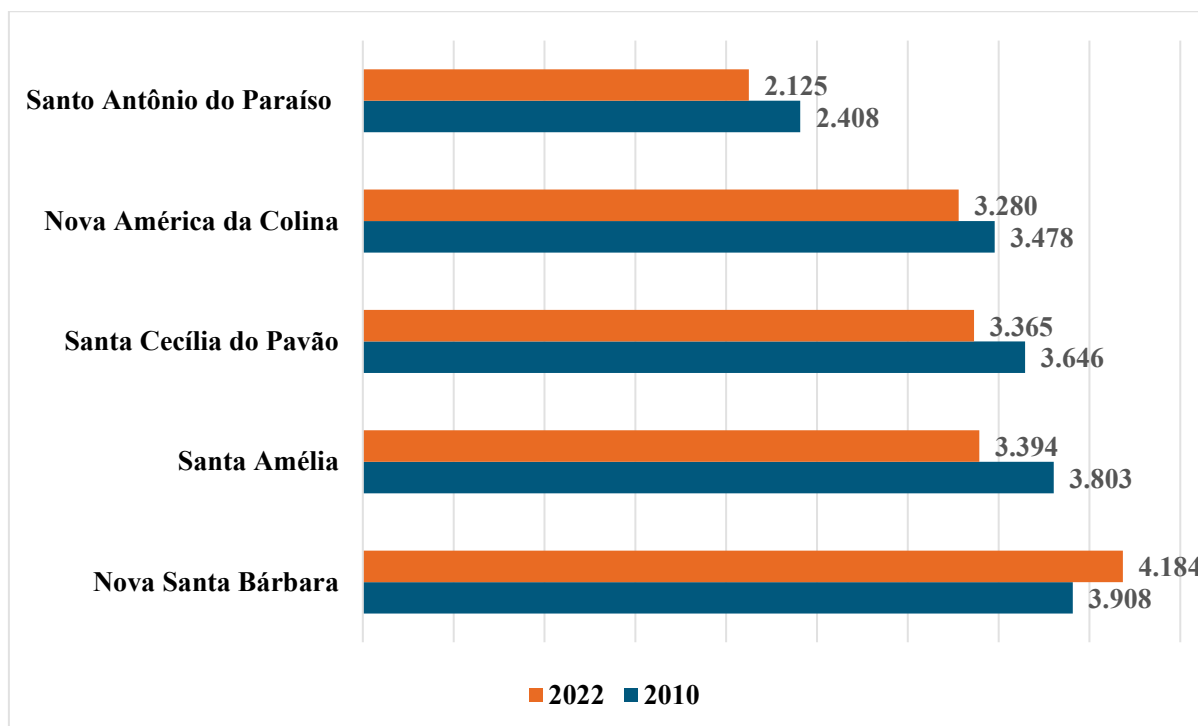


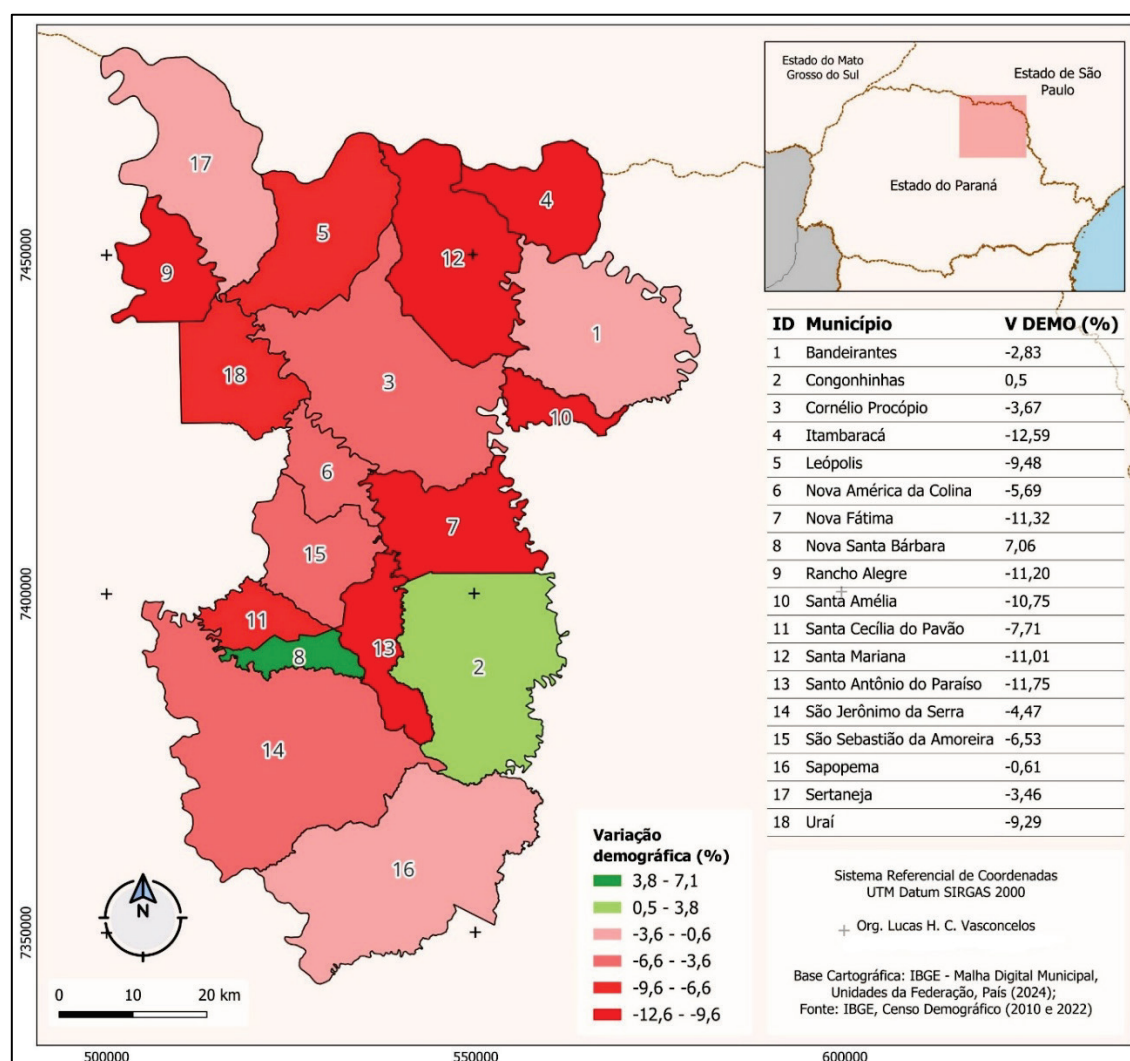
Gráfico 03 - Municípios menos populosos da Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes (2010-2022).

Fonte: IBGE (2025).

Percebe-se que o que gráfico revela a predominância de municípios com pequena base demográfica, todas com menos de 5 mil habitantes. Em 2022, os menores contingentes populacionais foram observados em Santo Antônio do Paraíso (2.125 hab.), Nova América da Colina (3.280), Santa Cecília do Pavão (3.365), Santa Amélia (3.394) e Nova Santa Bárbara (4.184).

Ao comparar os censos de 2010 e 2022, nota-se que quatro dos cinco municípios analisados apresentaram redução populacional. Santo Antônio do Paraíso registrou a maior perda relativa, com uma queda de 283 habitantes ($\approx -11,7\%$), seguido de Santa Amélia, que perdeu 409 habitantes ($\approx -10,8\%$). Santa Cecília do Pavão e Nova América da Colina apresentaram retrações menores, de 281 ($\approx -7,7\%$) e 198 ($\approx -5,7\%$) habitantes, respectivamente.

Apenas Nova Santa Bárbara destoa do padrão regional, ao registrar crescimento de 276 habitantes ($\approx +7,1\%$) no período. Com exceção dessa última, o declínio proporcional nos municípios de menor porte tem sido mais intenso, revelando sua maior vulnerabilidade demográfica diante da falta de diversificação econômica e da concentração de serviços em poucos centros regionais. O Mapa 02 mostra a variação em todos os municípios da região.



Mapa 02 - Variação Demográfica dos Municípios da Região Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes 2010-2022.
Fonte: IBGE (2025).

Ao analisar o conjunto dos dezoito municípios que compõem a Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes, percebe-se um quadro de esvaziamento demográfico generalizado, que confirma e amplia a tendência

já observada nas análises dos municípios mais e menos populosos. Entre 2010 e 2022, apenas dois municípios apresentaram crescimento populacional: Nova Santa Bárbara (7,06%) e Congonhinhas (0,50%). Todos os demais registraram variações negativas, evidenciando a persistência de um processo de declínio populacional que atinge diferentes escalas dentro da região.

As perdas mais expressivas ocorreram em Itambaracá (-12,59%), Santo Antônio do Paraíso (-11,75%), Nova Fátima (-11,32%), Rancho Alegre (-11,20%), Santa Mariana (-11,01%) e Santa Amélia (-10,75%), todos com reduções superiores a 10%. Essas retrações são significativas, sobretudo por se tratarem de municípios de pequeno porte demográfico, onde a redução de algumas centenas de habitantes representa forte impacto proporcional. Nos municípios intermediários e de maior centralidade, como Cornélio Procópio (-3,67%) e Bandeirantes (-2,83%), também se observa declínio, ainda que em intensidade menor, o que demonstra que a perda populacional não se restringe às localidades menores.

De modo geral, a análise reforça que o esvaziamento populacional na região é amplo, persistente e estrutural, atingindo desde os polos urbanos até os municípios periféricos. O predomínio de atividades econômicas pouco diversificadas e de baixa capacidade de geração de emprego e renda, somado à ausência de políticas públicas consistentes, tem contribuído para o enfraquecimento demográfico regional. O comportamento observado indica que a região enfrenta dificuldades em manter-se inserida de forma competitiva nas dinâmicas econômicas mais amplas, o que aprofunda as desigualdades territoriais e evidencia um processo de dependência crescente em relação a centros urbanos mais dinâmicos do estado, especialmente de Londrina.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da variação demográfica entre 2010 e 2022 demonstra que a Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes atravessa um processo de esvaziamento populacional generalizado, resultado de

transformações econômicas, estruturais e sociais que se estendem ao longo das últimas décadas. Mesmo os municípios de maior porte demográfico, como Cornélio Procópio e Bandeirantes – que concentram os principais serviços e funções urbanas da região –, vêm apresentando redução populacional, revelando a fragilidade do processo de urbanização regional e a incapacidade dos centros locais em reter ou atrair novos habitantes.

O estudo evidenciou que os municípios menores são os mais afetados, com perdas proporcionais mais intensas e uma base econômica pouco diversificada, sustentada por atividades primárias de baixa produtividade, reduzida geração de empregos e salários pouco atrativos. Essa condição tem intensificado os fluxos migratórios para centros urbanos maiores, acentuando as desigualdades regionais e a dependência estrutural da região em relação a outros espaços mais dinâmicos.

Conforme destaca Guergolette (2025), o esvaziamento populacional é um reflexo do baixo dinamismo econômico, que restringe as oportunidades de permanência e compromete o desenvolvimento local. A Região Geográfica Imediata de Cornélio Procópio-Bandeirantes enfrenta dificuldades em se reinserir de forma competitiva nas dinâmicas econômicas mais amplas, o que reforça a necessidade de políticas públicas condizentes com a realidade local. Tais políticas devem priorizar a diversificação produtiva, o fortalecimento das economias municipais e a criação de condições que permitam à região recuperar gradualmente seu dinamismo econômico.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Cintia Silvia. **Espacialidades em esvaziamento demográfico da mesorregião noroeste Paranaense e a oferta de serviços públicos**. 2016. 181 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2016. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/2812/1/000223579.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2025.

ENDLICH, Ângela Maria. **Pensando os papéis e significados das pequenas cidades do Noroeste do Paraná**. 2006. 505 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/84426c01-3d75-4357-a80a-bfc9fa84c115/content>. Acesso em: 11 nov. 2025.

FURTADO, Celso. **Formação econômica do Brasil**. Companhia das Letras, 2020.

GUERGOLETTE, Julio Cesar Fernandes Alves de Lima. **Esvaziamento Populacional e Redes de Compra do Executivo Municipal: Uma análise sobre pequenas cidades na RGINTE de Londrina - PR**. 2025. 189 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2025. Disponível em: https://pos.uel.br/geografia/wp-content/uploads/2025/05/CE_GEO_Me_2025_Cesar_Julio.pdf. Acesso em: 11 nov. 2025.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Regiões de Influência das Cidades 2018**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101728.pdf>. Acesso em: 26 out. 2025.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/series-temporais/series-temporais>. Acesso em: 26 out. 2025.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Os Vários Paranas: as espacialidades socioeconômico-institucionais no período 2013-2015**. Curitiba: IPARDES, 2017.

MORO, Dalton Áureo. **Substituição de culturas, modernização agrícola e organização do espaço rural, no norte do Paraná**. 1991. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1991.

PADIS, Pedro Calil. **Formação de uma economia periférica: o caso do Paraná**. São Paulo: Hucitec, 1981.

SANTOS, Milton. **Metamorfoses do espaço habitado**. São Paulo: Hucitec, 1988.

CAPÍTULO IV

IDENTIFICAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR DE SUPERFÍCIE E TÉRMICA DA ÁREA CONURBADA CAMBÉ, LONDRINA E IBIPORÃ

Renata Leandro Amorim¹⁰

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo identificar e caracterizar as Ilhas de Calor de Superfície (ICS) e Ilhas de Calor Térmica (ICT) na área conurbada entre os municípios de Londrina, Cambé e Ibiporã (PR). Fundamentado nos aportes teóricos de Mendonça & Danni-Oliveira (2007), Araujo et al. (2010) e Zavattini & Boin (2013), o estudo aborda a influência do uso e ocupação do solo nas variações térmicas urbanas, considerando fatores como albedo, cobertura vegetal e densidade construtiva. A metodologia aplicada incluiu a análise de imagens de satélite Landsat 8 (banda 10) no software QGIS para mapear a temperatura de superfície, correlacionando os dados com as classes de uso do solo do MapBiomas. Para a ICT, foram realizados dois transectos móveis no dia 01/06/2025, utilizando termo-higrômetros e registros georreferenciados em 297 pontos, com coleta às 15h – horário de maior aquecimento. Os resultados indicam temperaturas de superfície variando de 28°C a 57°C e temperaturas do ar entre 24,7°C e 28,4°C, evidenciando significativa influência da urbanização e da cobertura do solo. Áreas asfaltadas e edificações com materiais de baixo albedo apresentaram maior aquecimento, enquanto zonas com vegetação e práticas agrícolas como o plantio direto mostraram atenuação térmica. A interdependência entre ICS e ICT ressalta a importância do planejamento urbano e da sustentabilidade no enfrentamento das mudanças climáticas.

Palavras-chave: ilha de calor urbana, temperatura de superfície, urbanização, uso do solo, clima urbano.

INTRODUÇÃO

O fenômeno das Ilhas de Calor Urbanas (ICUs) tem se tornado um dos principais desafios ambientais nas áreas urbanizadas, especialmente em regiões

¹⁰ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Londrina, renata.leandro@uel.br;

com acelerado processo de urbanização e transformação do uso do solo. Essa problemática decorre da modificação das superfícies naturais por materiais antrópicos, como asfalto e concreto, que alteram o balanço energético da superfície terrestre, elevando a temperatura do ar e da superfície em áreas urbanas em comparação com as zonas rurais ou vegetadas. Essa condição térmica diferenciada afeta diretamente a qualidade de vida da população, o consumo energético, a saúde pública e o planejamento urbano.

As Ilhas de Calor podem ser divididas em dois tipos principais: Ilhas de Calor de Superfície (ICS) e Ilhas de Calor Térmicas (ICT). As ICS referem-se à variação da temperatura da superfície terrestre, fortemente influenciada pelas características físicas do solo, tipo de cobertura e albedo dos materiais. Já as ICT correspondem à elevação da temperatura do ar, especialmente perceptível nas zonas centrais das cidades, com variações significativas durante o dia e a noite. Ambas estão intimamente relacionadas e influenciam-se mutuamente, sobretudo em contextos de urbanização intensa e presença reduzida de vegetação.

O presente estudo tem como objetivo identificar e caracterizar as Ilhas de Calor de Superfície e Térmica na área conurbada dos municípios de Londrina, Cambé e Ibiporã (PR), analisando suas variações térmicas em função do uso e cobertura do solo. A justificativa para esta investigação reside na importância crescente de se compreender os impactos microclimáticos causados pelo crescimento urbano desordenado, considerando as consequências ambientais, sociais e econômicas que a intensificação das ICUs pode ocasionar.

Para alcançar esse objetivo, a metodologia adotada compreendeu duas abordagens principais: (1) a análise da Ilha de Calor de Superfície foi realizada a partir de imagens de satélite Landsat 8, com foco na banda térmica (banda 10), processadas no software QGIS, utilizando dados de temperatura superficial obtidos em 17/12/2024; (2) a Ilha de Calor Térmica foi avaliada por meio de transectos móveis, realizados com sensores termo-higrômetros no dia 01/06/2025, aliados à análise rítmica climatológica com base em dados do aplicativo IDR-Clima, para o período de 1º de maio a 1º de junho de 2025.

Essa abordagem metodológica está diretamente alinhada ao objetivo do estudo, pois possibilita identificar e caracterizar as Ilhas de Calor de Superfície e Térmica em função do uso e cobertura do solo. Assim, espera-se confirmar a hipótese de que as áreas com maior densidade construtiva, predominância de materiais impermeáveis e menor presença de vegetação apresentam temperaturas mais elevadas, configurando-se como núcleos de Ilhas de Calor Urbanas. Por outro lado, as zonas com maior cobertura vegetal e superfícies permeáveis tendem a apresentar menores valores térmicos, evidenciando o papel mitigador da vegetação sobre o microclima urbano.

METODOLOGIA

1. ILHA DE CALOR SUPERFICIAL

Para o desenvolvimento da presente pesquisa foram utilizadas imagens de satélite do Landsat 8, obtidas no Earth Explorer (USGS), com foco na banda 10, que corresponde ao infravermelho térmico para análise da temperatura de superfície. A imagem adquirida foi a do dia 17/12/2024, período escolhido por ser característico da estação chuvosa nas localidades em estudo, escolha respaldada por Amorim (2018) que afirma que a análise da ilha de calor urbano em períodos chuvosos oferece uma visão mais precisa da interação entre a temperatura de superfície e o uso do solo, uma vez que as condições climáticas podem atenuar a variação térmica, destacando a intensidade do fenômeno urbano.

O mapeamento da temperatura de superfície foi realizado utilizando o software QGIS, um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que permitiu a manipulação e análise espacial dos dados (Figura 2). A partir da imagem de satélite, foi extraído o valor de temperatura de superfície para a área conurbada dos municípios de Londrina, Cambé e Ibiporã (PR). Seguindo a metodologia descrita por Coelho e Correa (2013). A escala de temperatura de superfície é fornecida em Kelvin (°K), pois essa é a escala de medida utilizada pelo USGS

(Serviço Geológico dos Estados Unidos). Dessa forma, foram aplicadas técnicas de conversão de temperatura dentro do QGIS, os valores de temperatura em °K foram subtraídos pelo seu valor absoluto (273,15), utilizando a ferramenta Calculadora Raster, o que possibilitou a conversão da imagem para uma escala de temperatura de superfície adequada à escala centígrada (°C).

Posteriormente foi retirado o perfil de temperatura em pontos estratégicos da área urbana de cada município, escolhidos de acordo com a diversidade de uso do solo e a representatividade de áreas urbanas e rurais. Este perfil permitiu analisar as variações de temperatura nas diferentes localidades e identificar a presença da ilha de calor urbana superficial, caracterizada pelo aumento da temperatura nas áreas urbanizadas em comparação com as regiões periféricas ou rurais.

O mapeamento do uso e ocupação do solo foi realizado utilizando os dados do MapBiomas Brasil, referente ao ano de 2023, disponível na plataforma QGIS. Esses dados forneceram informações detalhadas sobre as diferentes classes de uso do solo, como áreas urbanas, vegetação, corpos d'água e terras agrícolas (Figura 2). Essa informação foi fundamental para correlacionar as variações da temperatura de superfície com os tipos de uso do solo na área estudada, permitindo identificar as zonas mais vulneráveis ao fenômeno das ilhas de calor.

Por fim, o uso combinado da imagem de satélite, os perfis de temperatura e o mapeamento do uso do solo proporcionaram uma análise detalhada da temperatura de superfície nas áreas urbanas dos três municípios, possibilitando avaliar a intensidade da ilha de calor urbana e a influência do uso da terra nesse processo.

2. ILHA DE CALOR TÉRMICA

A caracterização da ilha de calor térmica foi fundamentada na metodologia proposta por Araujo et al. (2010), com ênfase na utilização de transectos móveis e na coleta de dados climáticos locais.

Inicialmente, foi realizado um monitoramento climático de caráter exploratório-descritivo, por meio do aplicativo IDR-Clima, com a coleta diária dos seguintes dados meteorológicos: temperatura máxima, mínima e média, umidade relativa do ar e precipitação. Os dados foram tabulados e organizados no software Microsoft Excel, permitindo a verificação das condições atmosféricas diárias. O período de monitoramento teve início em 1º de maio de 2025 e se estendeu até 1º de junho de 2025, data em que foi realizada a coleta de dados em campo. Esse intervalo proporcionou uma amostra significativa para análise rítmica, abordada nas seções posteriores.

Para a coleta em campo, delimitou-se previamente os percursos a serem percorridos pelos transectos, utilizando o software Google Earth Pro. A metodologia consistiu na definição de pontos de coleta a cada 200 metros, conforme recomendação de Araujo et al. (2010), dentro do recorte espacial previamente estabelecido – a área conurbada entre os municípios de Londrina, Cambé e Ibiporã.

O método do transecto consiste em caminhar ao longo de um percurso previamente determinado, registrando as medições em pontos equidistantes. O comprimento do transecto e a distância entre os pontos amostrados dependem dos objetivos do estudo, do tempo disponível e da finalidade a amostrar. (Krebs, 1989 *apud* Araujo et al., 2010, p. 78).

A coleta de dados de campo ocorreu no dia 1º de junho de 2025, por meio de dois transectos móveis. O primeiro percorreu o sentido oeste/leste, partindo do extremo oeste de Cambé, atravessando Londrina até o extremo leste de Ibiporã. O segundo percorreu o sentido norte/sul, iniciando no extremo norte de Londrina até seu limite sul. Ambos os percursos foram integralmente realizados dentro do perímetro urbano dos respectivos municípios.

Seguindo os procedimentos metodológicos de Araujo et al. (2010), utilizou-se um termo-higrômetro digital com sensor de temperatura e umidade interna e externa (marca Incoterm). O sensor externo foi acoplado em uma vara de madeira com 1 metro de comprimento e posicionado na lateral do veículo a um ângulo de aproximadamente 90°. As medições foram realizadas a cada 200

metros (Figura1), com os veículos deslocando-se a uma velocidade média de 20 km/h. Ambos os transectos iniciaram a coleta pontualmente às 15h, horário de maior aquecimento térmico diário, embora tenham tido durações diferentes devido à variação na extensão dos trajetos.

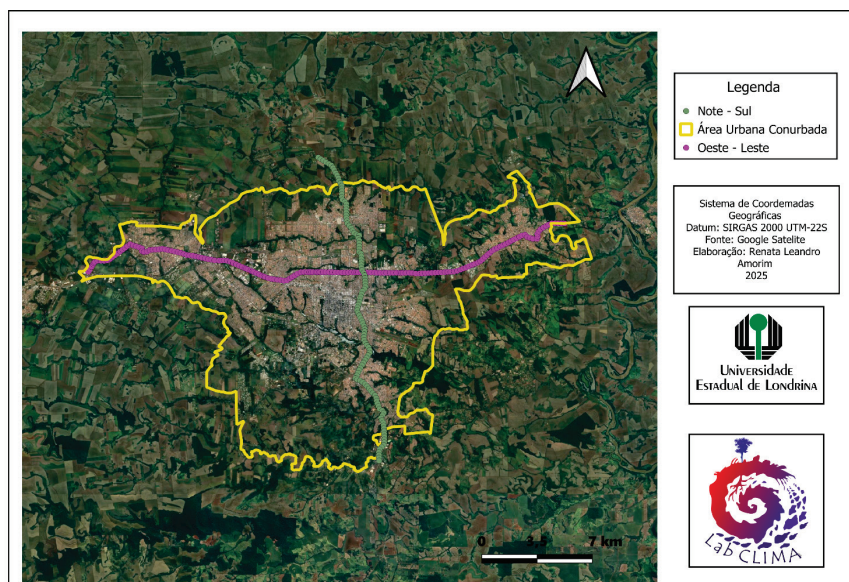


Figura 1 - Percurso do transectos móveis área conurbada Cambé, Londrina e Ibiporã.

Fonte: Elaboração própria.

Cada veículo contou com quatro integrantes: o motorista, um auxiliar na frente que realizava as leituras do termo-higrômetro e repassava os dados ao terceiro integrante, que anotava as medições em uma ficha de campo. O quarto integrante foi responsável pelo registro das características físicas de cada ponto, como: tipo de relevo (vertente, fundo de vale), tipologia das construções (baixa, média ou alta), cobertura vegetal e intensidade da circulação veicular.

Para garantir maior precisão na localização dos pontos, o hodômetro do veículo foi zerado no início do trajeto. Adicionalmente, utilizou-se o aplicativo Timestamp Camera Enterprise para registrar imagens georreferenciadas em cada ponto de coleta. Essas imagens, contendo data, hora e coordenadas geográficas foram organizadas sequencialmente e, posteriormente, integradas ao trajeto no

Google Earth Pro, promovendo maior acurácia na correspondência espacial dos dados coletados.

Por fim, os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas (Microsoft Excel), possibilitando a geração de gráficos comparativos de temperatura, umidade relativa e altitude, os quais embasaram a análise quantitativa e espacial das variações térmicas intraurbanas na área conurbada estudada (Figura1).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A conurbação entre as cidades de Cambé, Londrina e Ibiporã configura-se como um fenômeno urbano em que centros independentes crescem e se aproximam, formando uma extensa área urbana contínua. Esse processo é fortemente influenciado pela expansão linear ao longo de rodovias estratégicas como a BR-369 e a PR-445, que funcionam como eixos para o crescimento urbano e facilitam a integração socioeconômica dos municípios envolvidos (Santos, 2023; Polidoro; Barros, 2012). A urbanização nessas áreas modifica a paisagem física e reestrutura as dinâmicas de ocupação do solo, dificultando a delimitação exata dos territórios municipais e promovendo um avanço territorial que ultrapassa os limites administrativos tradicionais (Fresca, 2012; 2002). Esse processo é característico de cidades polarizadoras que atraem e induzem o crescimento de seus municípios limítrofes, consolidando uma mancha urbana que reflete complexos padrões de expansão (Santos, 2014).

Dentro desse contexto urbano, as modificações no uso e ocupação do solo impactam diretamente o clima local, dando origem ao chamado Sistema Clima Urbano (S.C.U.), conceito elaborado por Monteiro (1976), que entende o clima urbano como uma modificação substancial do clima natural, influenciada pela urbanização e pela atuação direta do homem na transformação da energia solar recebida. O S.C.U. compreende a atmosfera como operador e o conjunto complexo das intervenções urbanas como o sistema sobre o qual esse operador age, destacando-se a importância da superfície terrestre ocupada e estruturada

pela cidade na reflexão, absorção e armazenamento térmico, bem como na ventilação local (Monteiro, 1976). Assim, o clima urbano resulta da interação entre elementos naturais e construídos, sendo fundamental a análise das características do uso do solo, da morfologia urbana e das funções espaciais para entender os processos de produção e transformação térmica no ambiente urbano.

Essa transformação térmica manifesta-se, entre outras formas, na formação das ilhas de calor urbanas, bolsões de ar quente que surgem em ambientes urbanos devido à capacidade diferenciada dos materiais construídos de armazenar e refletir a energia solar, além do calor gerado pelas atividades humanas (Amorim, 2019). As ilhas de calor podem ser classificadas em três tipos principais: superficial, atmosférica inferior e atmosférica superior, sendo que para este estudo serão considerados os dois primeiros. A ilha de calor superficial, detectada por sensoriamento remoto, está relacionada à temperatura da superfície, enquanto a atmosférica inferior ocorre na camada do ar entre o solo e o topo dos edifícios, sendo medida por sensores distribuídos na malha urbana (Amorim, 2019).

Os fatores que favorecem a formação dessas ilhas de calor incluem tantos aspectos naturais — como o tipo climático, relevo e a presença ou ausência de vegetação — quanto fatores urbanos, como as características físicas dos espaços construídos e as atividades humanas desenvolvidas nesses ambientes (Amorim, 2019). Dessa forma, o clima urbano, incluindo a dinâmica das ilhas de calor, está intrinsecamente ligado à forma como o espaço é produzido e ocupado, refletindo as dinâmicas sociais, econômicas e espaciais que marcam cada núcleo urbano (Amorim, 2019). Portanto, compreender o processo de conurbação e a expansão urbana na área conurbada de Cambé, Londrina e Ibiporã é fundamental para analisar as alterações térmicas observadas na superfície e os impactos do uso e ocupação do solo na configuração do clima urbano.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. ILHA DE CALOR DE SUPERFÍCIE

Ao analisar as imagens de satélite foi verificado que a temperatura de superfície variou de 28°C à 53°C na área conurbada de Londrina, Cambé e Ibiporã no dia 17/12/2024. Na figura 2 é possível verificar que a temperatura de superfície (TS) tem uma amplitude de 25°C. A Partir da análise visual da imagem de satélite pode-se verificar a diversidade de temperatura nas diferentes áreas do mapeamento.

Os processos de troca de energia e umidade entre o solo e o ar são mais diretos e efetivos nas superfícies marcadas pela ausência de vegetação, como desertos e rochas e aflorantes. Nas áreas urbanizadas, esses processos assumem ampla complexidade, em decorrência da diversidade espacial que as superfícies urbanas apresentam e da dinâmica das atividades desenvolvidas nas cidades. (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007, p. 48).

A área analisada corresponde a um recorte da região conurbada dos municípios de Londrina, Cambé e Ibiporã, considerando-se apenas os perímetros urbanos (Figura 1), onde há infraestrutura consolidada. As demais áreas são predominantemente agrícolas, com alguns trechos de floresta remanescente (Figura 2). Nesse contexto, uma das atividades agrícolas que se destaca é o cultivo de soja, especialmente na região de Londrina. Essa cultura tem grande relevância econômica e ocupa extensas áreas durante boa parte do ano, com plantio geralmente entre outubro e novembro, e colheita entre fevereiro e março (CONAB, 2023). Após a colheita, é comum a permanência de solo exposto ou a adoção do sistema de plantio direto com culturas de cobertura, o que modifica as características superficiais do solo (EMBRAPA, 2021). Durante o ciclo da soja, o dossel vegetal cobre o solo, reduzindo a absorção direta da radiação solar e, conseqüentemente, contribuindo para temperaturas de superfície mais amenas. No entanto, nas fases de pousio ou solo descoberto, a baixa cobertura vegetal favorece maior absorção de calor e aumento das temperaturas superficiais (Mendonça; Danni-Oliveira 2007). Essa alternância entre cobertura densa e solo

exposto ajuda a explicar as variações térmicas observadas nas imagens analisadas.

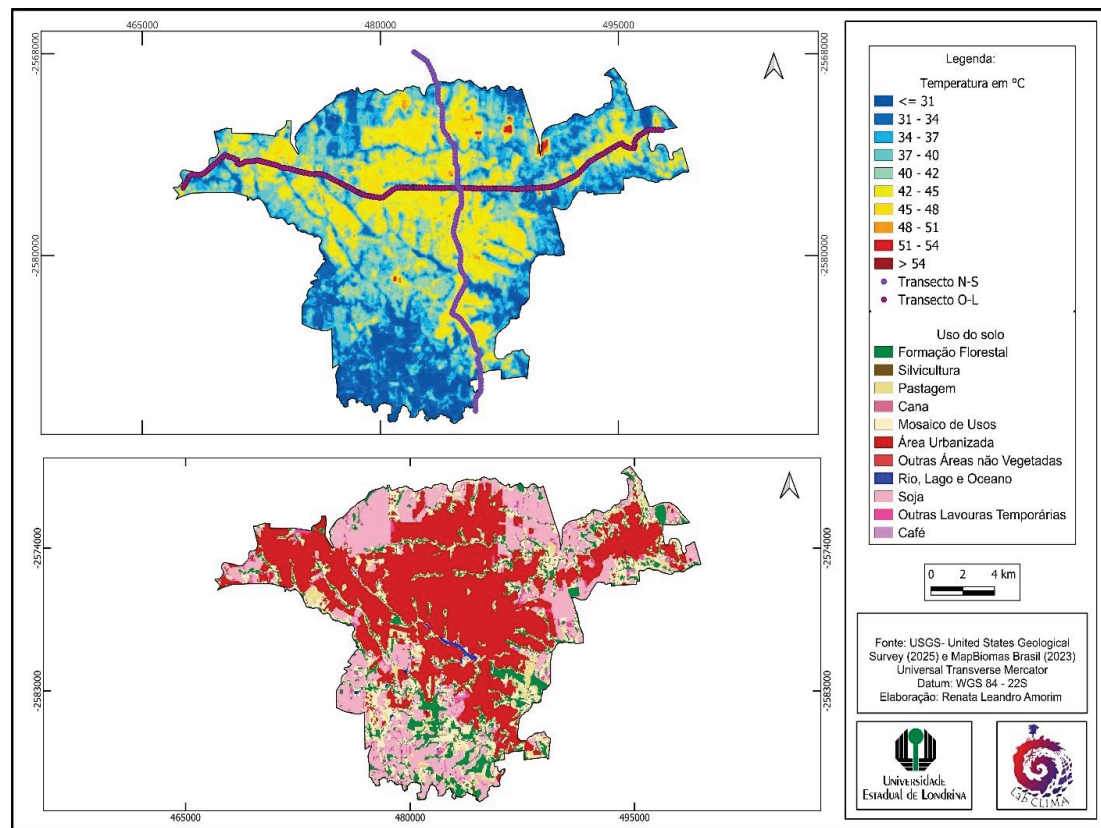


Figura 2 - Variação de temperatura de superfície área conurbada Londrina, Cambé e Ibiporã (17/12/2024).

Fonte: Elaboração Própria.

O uso predominante de técnicas como o plantio direto, que visa a conservação do solo e a redução da erosão, tem sido amplamente adotado nas áreas agrícolas desenvolvidas na região de estudo. A soja é uma das culturas produzidas na região e, de acordo com dados da Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do Paraná (2024), a janela ideal para o plantio de soja para a safra 2024/2025 foi o período entre 01/09/2024 e 30/12/2024. O sistema de plantio direto, que preserva a palha de cobertura, é um fator importante na modulação das temperaturas de superfície, pois produz microclimas que podem ser mais frescos em comparação com áreas de solo exposto. A vegetação resultante desse sistema também contribui para a manutenção da umidade do solo, impactando diretamente as condições térmicas locais.

No contexto das variações de temperatura de superfície, o asfalto da pista do aeroporto, apresentou temperaturas significativamente altas, variando de 49°C a 46°C, conforme observado na Figura 3. Esse comportamento térmico pode ser explicado pela baixa refletividade do asfalto, um material com albedo reduzido que tende a absorver uma grande quantidade de radiação solar, resultando em temperaturas elevadas. Em comparação com materiais mais claros, como concreto, o asfalto tem um albedo muito menor, geralmente na faixa de 0,05 a 0,1 (Global Cement and Concrete Association, 2024) e Callejas *et al.* (2015). Isso significa que ele reflete apenas cerca de 5% a 10% da energia que incide sobre ele, absorvendo o restante da radiação solar, o que contribui para o aumento das temperaturas nas superfícies urbanas. O fenômeno das "ilhas de calor urbanas" ocorre devido a essa característica do asfalto que, ao absorver grande quantidade de calor, eleva as temperaturas locais, principalmente durante o dia, quando a radiação solar é mais intensa (Amorim, 2019). A combinação de radiação intensa e a baixa capacidade de reflexão do asfalto intensifica o aquecimento da superfície, o que explica a variação térmica observada na pista do aeroporto de Londrina.

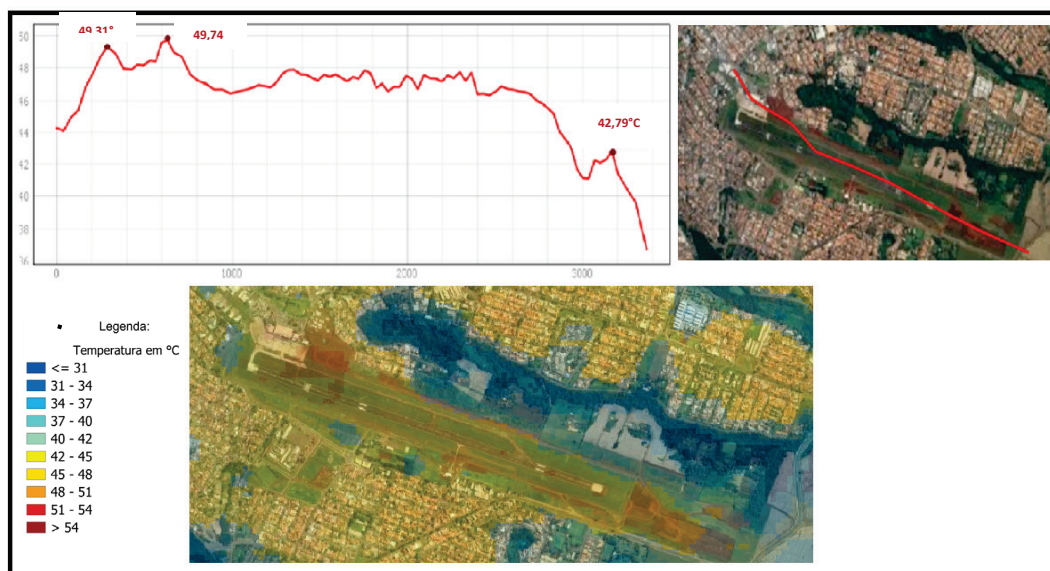


Figura 3 - Perfil de temperatura do aeroporto de Londrina (PR) - 17/12/2024 e imagem de Satélite.

Fonte: Google Earth Pro (2025).

A temperatura de superfície do telhado do shopping Catuaí, localizado na zona sul da área urbana de Londrina, variou entre 42°C e 57°C, conforme indicado na Figura 4. Essa alta variação térmica pode ser explicada pela composição e características do material do telhado que, assim como o asfalto, possui uma baixa refletividade. As superfícies de telhados, frequentemente construídas em concreto, metal ou material escuro, apresentam alta absorção solar e condutividade térmica, absorvendo uma parcela significativa da radiação solar incidente. Isso resulta em elevações expressivas da temperatura da superfície e contribui diretamente para o aumento das ilhas de calor urbanas (CHRISTEN & VOGT, 2004; Santamouris et al., 2011). O albedo desses materiais é significativamente baixo, refletindo apenas uma pequena fração da energia que recebem, resultando no aquecimento intenso dessas superfícies.

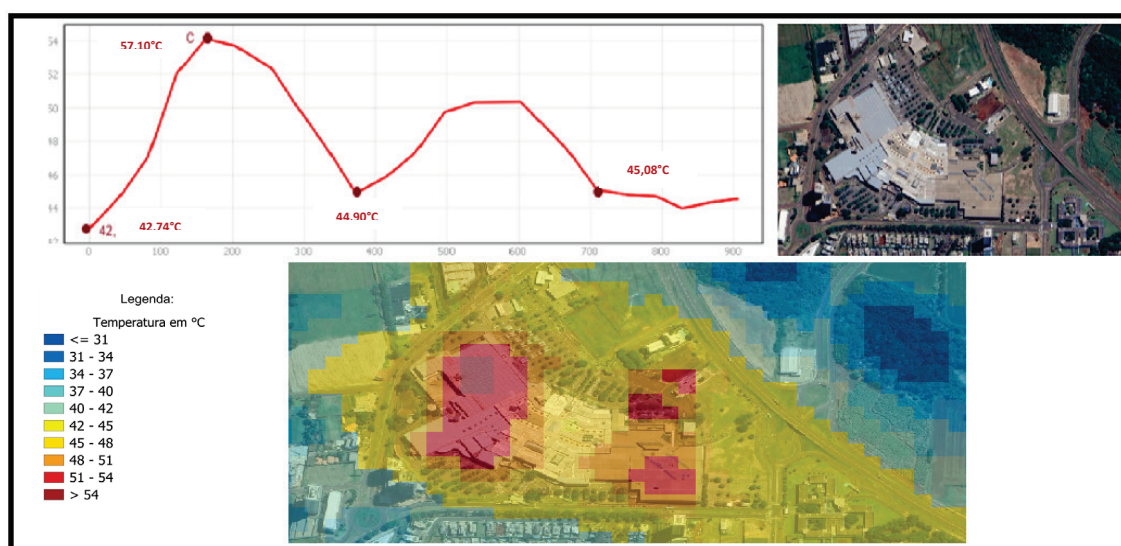


Figura 4 - Perfil de temperatura do Catuaí Shopping Londrina (PR) -17/12/24 e Imagem Satélite.

Fonte: Google Earth Pro (2025).

Na parcela do solo identificada na figura 5, observa-se o estágio inicial do cultivo de soja e destaca-se o perfil de temperatura variando entre 45°C e 52°C. Nesse contexto, o solo sob cultivo de soja, especialmente nas fases iniciais de crescimento, tende a apresentar temperaturas mais amenas em comparação com superfícies desprovidas de vegetação. No entanto, o calor gerado pela radiação solar pode ser significativo, sobretudo nas primeiras semanas após a semeadura, quando as plantas ainda não desenvolveram cobertura densa. O albedo da soja é maior do que o de superfícies como asfalto ou concreto, refletindo uma maior quantidade de radiação solar. Ainda assim, durante o início do ciclo, o solo — mais escuro e exposto —

absorve uma porção relevante dessa energia, resultando nas elevadas temperaturas observadas (Souza et al., 2010; Lopes et al., 2012).

O cultivo de soja na região, especialmente com a prática do plantio direto, ajuda a manter a umidade do solo e reduzir a evaporação, mas o aquecimento da superfície ainda pode ocorrer durante o dia. Durante o período de semeadura, que pode ocorrer entre 01/09/2024 e 30/12/2024, como estabelecido pela Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do Paraná (2024), o solo sob a soja começa a absorver a radiação solar enquanto a planta ainda está em processo de germinação e desenvolvimento inicial, refletindo a variação térmica observada (COELHO; CORREA, 2013). A presença da soja também começa a atenuar o calor à medida que a vegetação cresce e cobre a superfície, proporcionando um efeito de "sombreamento" que diminui as temperaturas de superfície ao longo do tempo.

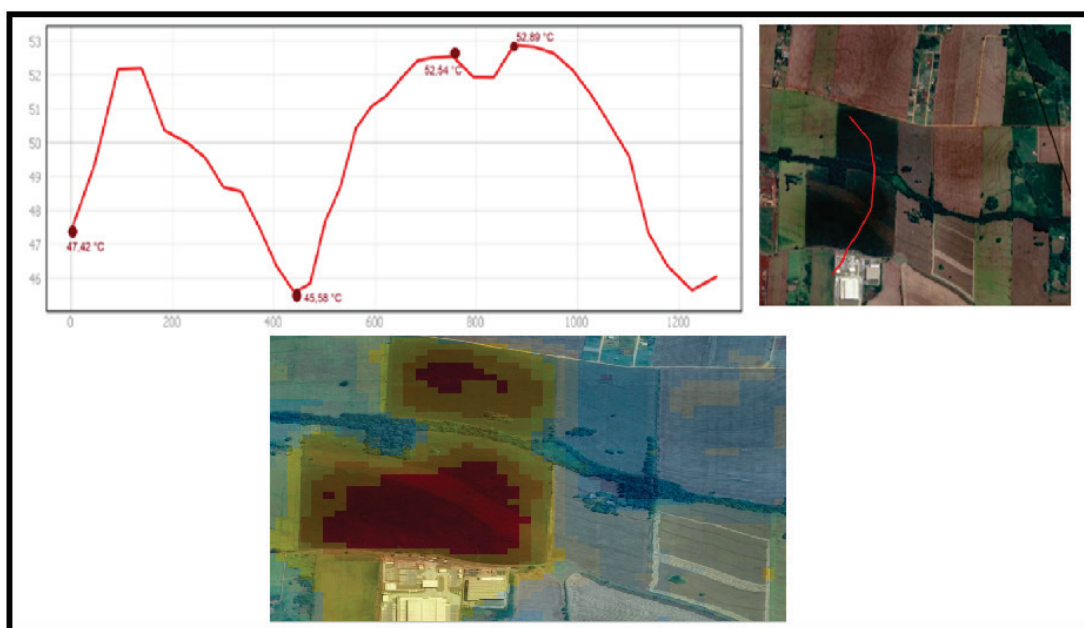


Figura 5 - Perfil de temperatura área de plantio de soja -17/12/24 e Imagem Satélite

Fonte: Google Earth Pro (2025).

A análise das temperaturas de superfície das diferentes áreas urbanas e agrícolas da área conurbada de Londrina, Cambé e Ibiporã (PR) revelou

importantes variações térmicas que podem ser atribuídas aos diferentes tipos de cobertura do solo e suas respectivas características de albedo. No caso da pista do aeroporto e do telhado do shopping Catuaí, por exemplo, as superfícies de asfalto e concreto apresentaram temperaturas significativamente altas, variando de 46°C a 49°C e de 42°C a 57°C, respectivamente (Figura 3 e Figura 4). Esses materiais, com baixo albedo, absorvem uma grande quantidade de radiação solar, o que contribui para o fenômeno das "ilhas de calor urbanas", onde as temperaturas locais são mais altas do que nas áreas adjacentes, afetando diretamente o microclima urbano (AMORIM, 2019).

Em contraste, as áreas agrícolas, especialmente aquelas com o cultivo de soja, apresentaram variações térmicas mais moderadas, com temperaturas de superfície variando entre 45°C e 52°C (Figura 5).

2. ILHA DE CALOR TÉRMICA

A análise rítmica climatológica dos dados meteorológicos coletados entre o período de 1º de maio e 1º de junho, referente à cidade de Londrina (PR), foi realizada com base nas informações fornecidas pelo aplicativo IDR Clima. O estudo abrangeu um total de 32 dias e incluiu parâmetros de temperatura máxima (TMAX), temperatura média (TMED), temperatura mínima (TMIN), precipitação (Prec) e circulação atmosférica, que foram analisados à luz das teorias e metodologias apresentadas nas obras de Zavattini & Boin (2013) e Araujo et al. (2010).

Em termos de temperatura, os dados revelam um padrão típico de outono, com uma variação moderada das temperaturas ao longo do mês. A temperatura máxima (TMAX) variou entre 14,7°C (no dia 29) e 30,7°C (no dia 8). Os primeiros dias de maio (1º a 9) apresentaram picos de calor, com temperaturas mais elevadas, seguidas de uma queda progressiva a partir do dia 10, quando a TMAX começou a se estabilizar entre 25°C e 28°C. Esse comportamento é característico da transição sazonal do outono, quando a atmosfera experimenta um equilíbrio entre as massas de ar tropical, que trazem calor, e as massas

polares, que provocam quedas de temperatura mais abruptas, resultado da entrada da massa polar.

A temperatura média (TMED), por sua vez, variou de 10,2°C a 23,9°C, apresentando uma flutuação regular, com valores mais baixos no final do mês. Essa variação nas médias diárias reflete a interação entre as massas de ar e as frentes que atravessam a região, conforme discutido por Zavattini e Boin (2013). Por fim, a temperatura mínima (TMIN) também seguiu um padrão de resfriamento progressivo, variando de 4,1°C (no dia 29) a 17,9°C (no dia 10 de maio). A queda mais acentuada na TMIN nos últimos dias do mês indica a atuação de sistemas de alta pressão e massa polar atlântica (mPa).

A precipitação (Prec) apresentou grande variação ao longo do período, com a maior parte dos dias secos. As precipitações ocorreram em momentos específicos, refletindo a presença de frentes frias e a convergência de massas de ar. Os dias 9 e 10 destacaram-se com a ocorrência de 2,7 mm e 3 mm de precipitação, respectivamente, sendo seguidos por um período mais seco até o dia 18, quando ocorreram 1,3 mm de chuva. O dia 28 foi o de maior precipitação, com 16,5 mm registrados, caracterizando um evento mais intenso de chuva, possivelmente associado à passagem de uma frente polar atlântica. A ausência de precipitação em muitos dias do mês é típica da estação do outono, quando as condições atmosféricas estão mais estáveis, com intervalos de seca intercalados por eventos pluviométricos pontuais.

No que diz respeito à circulação atmosférica, os dados indicaram a presença de diferentes massas de ar que influenciaram as condições climáticas da região. A Massa Polar Velha (mPV) esteve presente em vários dias, como nos dias 3, 4, 5, 6, 7, 17 e 18, sendo responsável por dias mais secos e com temperaturas amenas. Esse tipo de massa de ar é caracterizado por sua estabilidade atmosférica, que impede a formação de chuvas intensas, mas pode provocar variações na temperatura e na umidade relativa do ar. Em contrapartida, a Massa Tropical Continental (mTC) esteve presente em dias como 8, 22, 26 e 27, trazendo calor e seca. A presença dessa massa é responsável por períodos mais quentes e

com baixos índices de precipitação, típicos do outono, quando a estabilidade atmosférica é predominante.

Além disso, a análise da circulação atmosférica revelou a passagem de frentes frias, que provocaram quedas abruptas de temperatura e aumentos pontuais na precipitação. A Frente Polar Atlântica (RFPA), observada nos dias 9 e 10, gerou um aumento significativo na precipitação (3 mm), corroborando a teoria de que as frentes frias são responsáveis por intensificar a precipitação e a instabilidade atmosférica. A Frente Polar (FPA) também esteve presente no dia 28, provocando um aumento na precipitação e uma diminuição das temperaturas.

O comportamento dos dados climáticos analisados reflete a interação entre diferentes massas de ar e sistemas de baixa pressão, criando um ritmo climático característico do outono. De acordo com Zavattini & Boin (2013), essas interações entre massas de ar, frentes e a variabilidade térmica são fundamentais para a formação dos padrões climáticos locais. A alternância entre períodos de estabilidade e instabilidade atmosférica, com variações nas temperaturas e nas precipitações, evidencia um padrão rítmico que é característico da transição entre as estações do ano, especialmente do outono, quando o clima da região se caracteriza por temperaturas amenas e precipitações esparsas.

Em conclusão, a análise rítmica dos dados meteorológicos de Londrina entre 1º de maio e 1º de junho revelou a influência de diferentes massas de ar e frentes frias no comportamento climático da região. As variações de temperatura e precipitação ao longo do mês seguem um padrão rítmico, com picos de calor e eventos de chuva associados à passagem de sistemas frontais. A dinâmica atmosférica observada está em conformidade com as previsões teóricas discutido por Zavattini & Boin (2013) e Araujo et al. (2010).

A análise dos dados coletados durante o transecto móvel realizado em Londrina no dia 1º de junho, iniciaram-se às 15h, com o intuito de verificar as diferenças de temperatura intraurbana no período de maior aquecimento diurno (Araujo et al., 2010, p. 79), forneceu informações valiosas sobre o comportamento

térmico da cidade, evidenciando a presença de uma ilha de calor térmica (ICT) (Figura 7 e 8). Essa ICT, embora já amplamente documentada em contextos urbanos, assume particular relevância na área de estudo devido à sua configuração geográfica e ao ritmo de urbanização acelerada que intensifica as disparidades térmicas entre áreas centralizadas e periféricas.

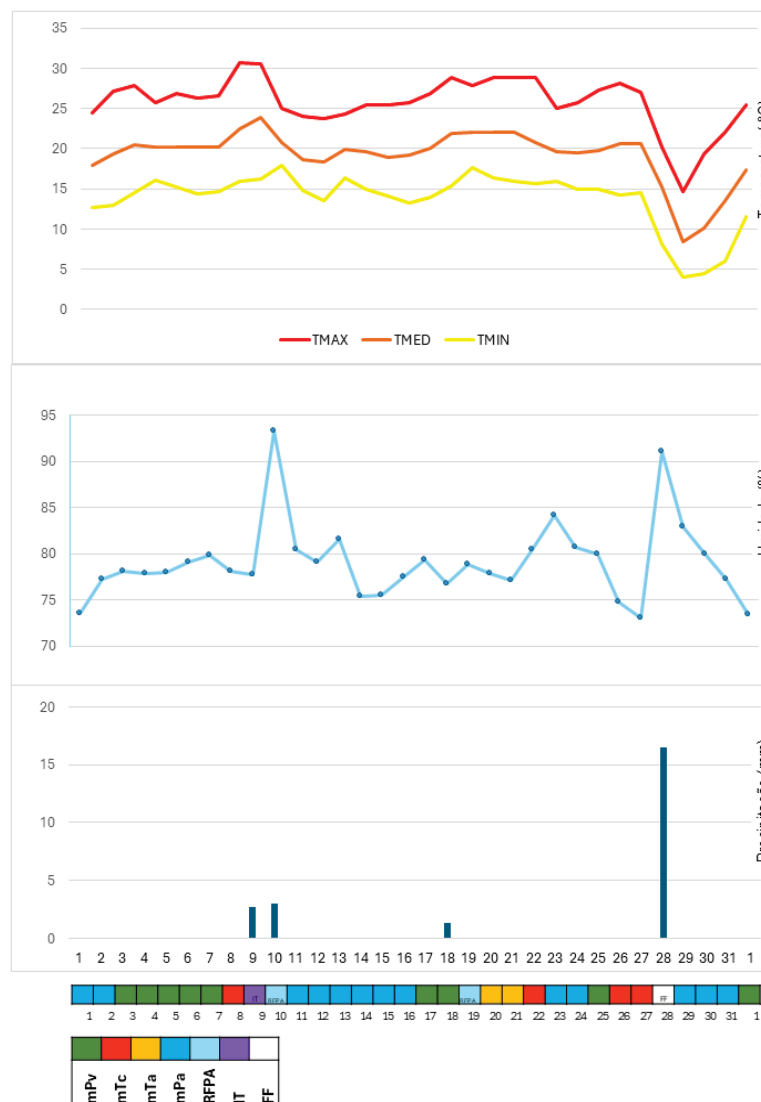


Figura 6: Análise rítmica de Londrina (PR) do período de 01/05 a 01/06/2025.
Fonte: Elaboração Própria.

Os dados de temperatura coletados ao longo de 297 pontos em dois transectos móveis (leste-oeste e norte-sul) mostraram uma variação de

temperatura que oscilou entre 24,7°C e 28,4°C, com uma média de temperatura nas zonas urbanizadas mais alta do que nas áreas mais periféricas. A diferença térmica observada é um reflexo direto da intensificação do processo de urbanização que, ao cobrir grandes áreas com concreto e asfalto, tende a aquecer mais intensamente a superfície urbana durante o dia, fenômeno já amplamente descrito por estudiosos como Oke (1982) e Santamouris (2015). A falta de vegetação e a maior densidade de edificações contribuem para o acúmulo de calor nessas áreas, criando uma área de microclima mais quente em comparação com zonas menos urbanizadas.

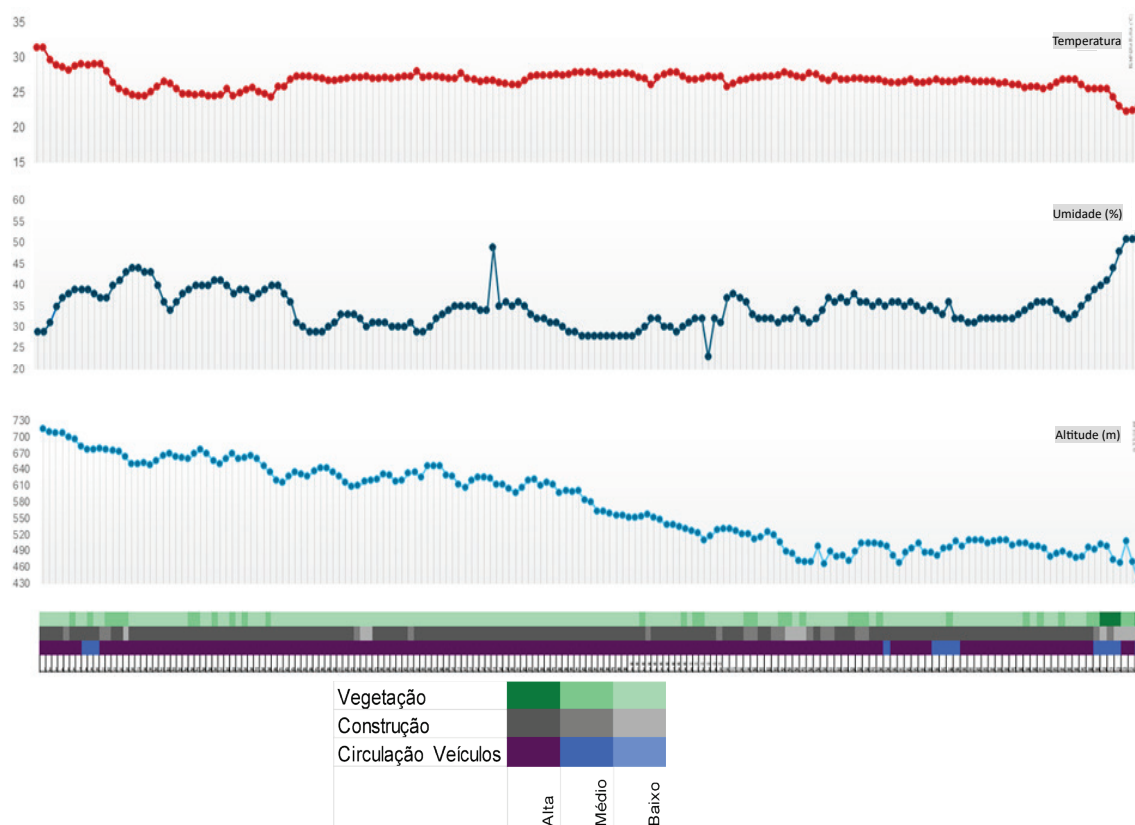


Figura 7 - Dados coletados no Transecto móvel Oeste/Leste, composto por 175 pontos.

Fonte: Elaboração Própria

A atuação de uma massa polar velha no dia da coleta favoreceu a estabilidade atmosférica, com baixa umidade relativa (35% a 41%) ao longo do transecto. Essas condições sinóticas explicam a constância da umidade e o

aquecimento diurno limitado, mesmo às 15h, horário de maior insolação. A pouca variação na umidade indica uma homogeneidade na distribuição da água no ar, um fator que, combinado com a alta temperatura, favorece a percepção de desconforto térmico, principalmente nas áreas centrais, como já discutido por Araujo et al. (2010). A umidade reduzida em áreas densamente urbanizadas pode, ainda, dificultar o resfriamento noturno, ampliando a persistência da ICT após o pôr do sol, como apontado por Zavattini & Boin (2013).

A condição de céu limpo, prevalente durante a coleta, reforçou a intensificação da radiação solar, fato que agravou a formação da ilha de calor térmica. Sob céu limpo, a radiação solar atinge diretamente o solo e as superfícies urbanas, aquecendo-as rapidamente e mantendo as altas temperaturas ao longo do dia, o que é especialmente problemático em áreas com pouca vegetação para absorver esse calor, como descrito por Santos et al. (2018).

A interligação entre a ilha de calor superficial (ICS) e a ilha de calor térmica (ICT) em Londrina é um ponto crucial para a compreensão da dinâmica climática urbana. A ICT, que se refere ao aumento da temperatura do ar, é intensificada pela ICS, onde a radiação solar é absorvida pelas superfícies urbanas e, por consequência, eleva a temperatura do ambiente. Em cidades como Londrina, com alta taxa de urbanização e ocupação do solo por materiais que têm alta capacidade de retenção de calor (asfalto e concreto), a formação de uma ilha de calor superficial diretamente influencia a temperatura do ar e contribui para a intensificação da ICT.

A relação entre a ICS e ICT é muitas vezes descrita como cíclica, uma vez que o aumento da temperatura superficial, devido à radiação solar direta e à baixa capacidade de resfriamento das superfícies urbanas, contribui para o aumento da temperatura do ar. Essa dinâmica é amplamente discutida por Menezes et al. (2016), que apontam que a superfície urbana aquecida influencia diretamente a circulação atmosférica local, resultando em uma intensificação do aquecimento das camadas superiores da atmosfera.

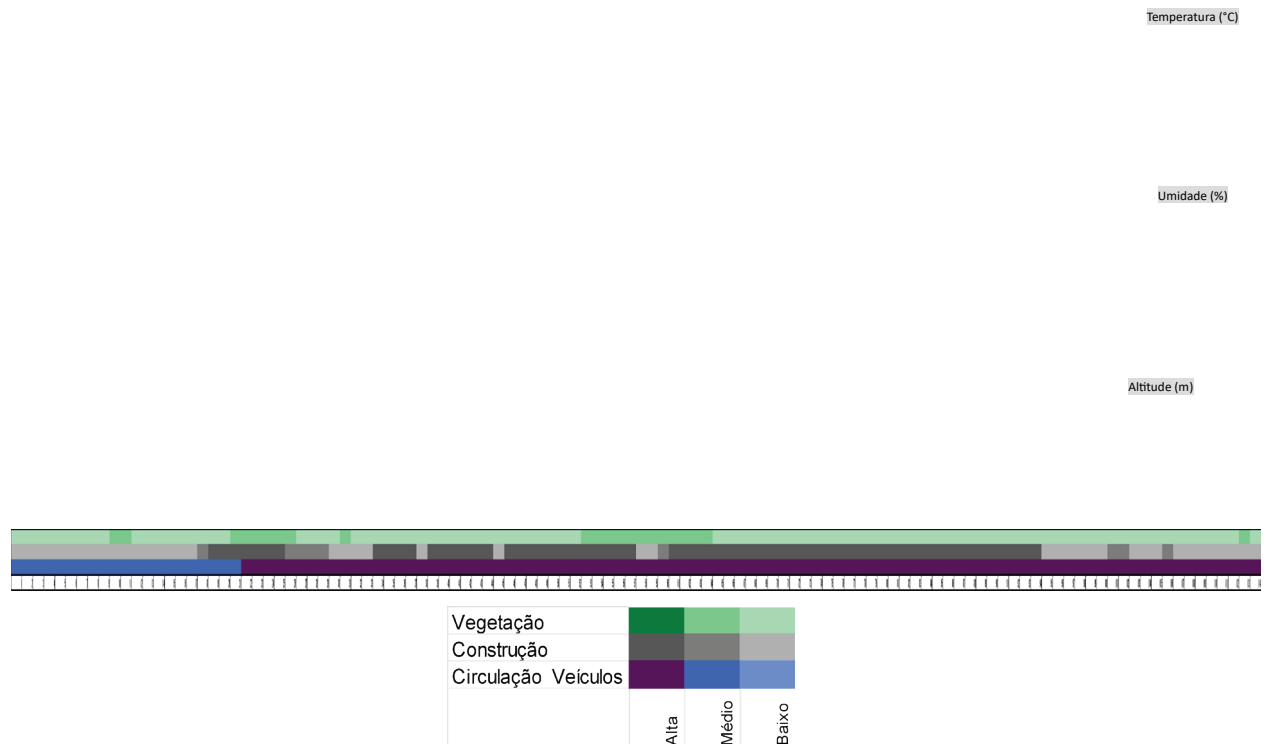


Figura 8 - Dados coletados no Transecto móvel Norte/Sul, composto por 114 pontos.

Fonte: Elaboração Própria.

Em Londrina, Cambé e Ibiporã a análise conjunta da ICS e ICT revela que o aumento da temperatura superficial, em conjunto com a falta de vegetação e espaços verdes, não só eleva as temperaturas superficiais durante o dia, mas também dificulta o resfriamento noturno, prolongando o efeito térmico na atmosfera, criando uma ilha de calor térmica prolongada. Esse fenômeno é reforçado pela ausência de umidade suficiente para resfriar o ar, além da intensa absorção de calor pelas superfícies urbanas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises revelaram diferenças expressivas de temperatura superficial, com variações entre 28°C e 53°C, associadas principalmente ao tipo de uso e cobertura do solo, destacando-se superfícies asfaltadas e edificadas como as mais quentes. A ICT, por sua vez, apresentou variações de temperatura do ar entre 24,7°C e 28,4°C nos transectos urbanos, sendo mais intensas nas regiões centrais

e densamente urbanizadas. Esses resultados confirmam a forte influência do processo de urbanização e da escassez de áreas verdes na intensificação do fenômeno térmico urbano.

A escolha do transecto no sentido Oeste-Leste (O/L) se justifica por atravessar a área conurbada entre Cambé, Londrina e Ibiporã, especialmente ao longo da BR-369, principal eixo de integração urbana. Já o transecto Norte-Sul (N/S) abrange apenas o município de Londrina, não permitindo a análise térmica integrada entre os municípios conurbados. Assim, destaca-se a importância de ampliar os estudos para outras direções e escalas, aprofundando a compreensão dos impactos térmicos da conurbação, mapeando em diferentes estações do ano, comparando o avanço da conurbação com os aspectos das Ilhas de Calor e com os índices de vegetação das áreas que circundam o perímetro urbano, uma vez que o aumento da temperatura de superfície nessas zonas pode estar associado à atividade agrícola.

Assim, este trabalho contribui para o aprofundamento do debate sobre a climatologia urbana, subsidiando propostas de mitigação como o uso de materiais de alto albedo, ampliação da vegetação urbana e adoção de políticas públicas voltadas ao planejamento sustentável das cidades.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 15, Edição Especial XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, jun. 2019, p. 22. ISSN 2237-8642.

ARAÚJO, Alex Paulo; ALEIXO, Natasha Cintia Regina; MENEZES, Bruna Bizarro; SOUZA, Camila Grosso; RIVERO, Carlos Alberto Vacaflores; MONTENAZI, Erica; BRAIDO, Leandro Marcos Herreiro; TEODORO, Pacelli Henrique Martins; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Ensaio Metodológico sobre a Utilização de Transectos Móveis no Período Diurno em Presidente Prudente-SP. **Revista Formação**, n. 17, volume 1, 2010.

CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio; DURANTE, Luciane Cleonice; ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho. Pavimentação Asfáltica: Contribuição no Aquecimento de Áreas Urbanas. **E&S - Engineering and Science**, v. 1, n. 3,

2015. Disponível em:

file:///C:/Users/Corde/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/87da2386-e127-414d-b43b-c0c7ab2553b6/einstein,+8+CONTRIBUI%C3%87%C3%83O+DA+PAVIMENTA%C3%87%C3%83O+ASF%C3%81LTICA+PARA+O+AQUECIMENTO+DE+%C3%81REAS+URBANAS_Final.pdf. Acesso em: 6 jul. 2025.

COELHO, André Luiz Nascentes; CORREA, Wesley de Souza Campos. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.

Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2022/2023. Brasília:

Conab, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 9 jul. 2025.

COSTA, Douglas F. da; SILVA, Hélio R.; PERES, Leonardo de F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira – SP através da utilização de geotecnologias. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 974-985, set./out. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri>. Acesso em: 9 jul. 2025.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.

Plantio Direto: fundamentos e perspectivas. Londrina: Embrapa Soja, 2021.

FRESCA, Tânia Maria. Deslocamentos pendulares na Região Metropolitana de Londrina - PR: uma aproximação. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, ano 14, n. 23, v. 1, p. 167-191, 1º sem. 2012.

FRESCA, Tânia Maria. Mudanças recentes na expansão físico-territorial de Londrina. **Geografia**, v. 11, n. 2, p. 241-264, jul./dez. 2002.

GLOBAL CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION. Albedo. 2024.

Disponível em: <https://gccassociation.org/essential-concrete/albedo/#:~:text=Albedo%20%C3%A9%20a%20fra%C3%A7%C3%A3o%20da,valor%2C%20maior%20a%20refletividade>. Acesso em: 6 jul. 2025.

LOPES, A. A.; CARVALHO, D. da S.; ANDRADE, R. G.; LOEBMANN, D. G. dos S. W.; LEIVAS, J. F.; VICTORIA, D. de C. **Avaliação do albedo em áreas agrícolas identificadas a partir de índice de vegetação**. Embrapa Territorial, 2012.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; NOBRE, C. A. Mudanças climáticas no Brasil: Cenários futuros e impactos na temperatura de superfície. **Boletim do Instituto de Geociências da USP**, 19(2), 56-71, 2011.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

MUNIZ-GÄAL, L. P.; PEZZUTO, C. C.; CARVALHO, M. F. H. de; MOTA, L. T. M. Eficiência térmica de materiais de cobertura. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 503-518, jan./mar. 2018. ISSN 1678-8621 Associação

Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000100235>.

OLIVEIRA, S. R.; PEREIRA, M. D.; FERREIRA, L. A. Influência do uso e cobertura do solo na temperatura de superfície e suas implicações nas ilhas de calor urbanas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 35(3), 307-318, 2020.

POLIDORO, Maurício; BARROS, Mirian Vizintim Fernandes. Considerações sobre a expansão urbana dos municípios paranaenses localizados em trecho da Rodovia BR-369. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 8, n. 3, p. 322-341, set.-dez. 2012.

SANTOS, Alexandre Eduardo. Do surgimento da cidade ao processo de conurbação: elementos teóricos para análise. In: **Congresso Brasileiro de Geógrafos**, 7., 2014, Vitória. Anais. Vitória: AGB, 2014. ISBN 978-85-98539-04-1.

SANTOS, A. L.; TAVARES, A. F. Albedo e variação da temperatura de superfície: Estudo sobre áreas urbanas e rurais no Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, 22(4), 48-60, 2018.

SANTOS, Willian da Silva. A Covid-19 na conurbação paranaense Cambé-Londrina-Ibiporã: análises geoespaciais para o início da pandemia de SARS-CoV-2 (2020). Londrina, 2023.

SECRETARIA DE AGRICULTURA DO ESTADO DO PARANÁ (SEABA).

Vazio e semeadura. 2024. Disponível em:

https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2024-05/vazio_e_semeadura_0.pdf. Acesso em: 9 maio 2025.

SOUZA, Paulo J. de O. P. de; RIBEIRO, Aristides; ROCHA, Edson J. P. da; LOUREIRO, Renata S.; BISPO, Carlos J. C.; SOUSA, Adriano M. L. Albedo da cultura da soja em área de avanço da fronteira agrícola na Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 65-73, 2010.

CAPÍTULO V

OS USOS DO SOLO NA RUA MANGABA, LONDRINA (PR): RESULTADOS A PARTIR DE UM ESTUDO COMPARATIVO DE METODOLOGIAS DE LEVANTAMENTO

Vinícius Biazotto Gomes¹¹

RESUMO

O artigo analisa a efetividade da Lei Municipal nº 12.236/2015 (Lei de Uso e Ocupação do Solo), quanto a regulação dos usos do solo não residenciais, tomando como estudo de caso a Rua Mangaba¹², antiga Zona de Eixo Comercial Sobreposto (ZECS). A pesquisa parte da constatação de que a substituição da legislação anterior alterou significativamente o potencial de uso dessa área, afetando a centralidade urbana nela consolidada. Teoricamente, o trabalho se apoia especialmente em Santos (1990, 2004 e 2012), e na abordagem política institucionalista. Metodologicamente, a análise combinou duas estratégias de identificação dos usos do solo: as bases de dados formais do poder público municipal e a observação direta por meio de trabalhos de campo. A comparação entre ambas evidenciou fragilidades e potencialidades próprias, destacando a importância de sua aplicação conjunta para apreensões mais fiéis da realidade. O estudo revelou que a Rua Mangaba possui expressiva presença de firmas e atividades econômicas em desacordo com as permissões normativas, demonstrando um descompasso entre o planejamento formal e as práticas efetivas de uso do solo. Conclui-se pela ineficácia de regulações excessivamente rígidas diante da complexidade dos sistemas urbanos, cuja organização concreta costuma extrapolar os limites estabelecidos nas normas.

Palavras-chave: Usos do solo não residenciais; lei de uso e ocupação do solo (LUOS); zoneamento urbano, metodologias de pesquisa; trabalhos de campo.

11 Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina (PPGEO/UEL), orientando do Prof. Dr. Edilson Luís de Oliveira. Servidor público da Prefeitura do Município de Londrina, com experiência de trabalho no Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina (IPPUL). Atualmente, está lotado na Secretaria Municipal de Governo (SMG). E-mail: vinicius_bgomes@hotmail.com.

12 Foi avaliado o trecho da Rua Mangaba entre a Avenida das Laranjeiras e a Rua Coronel Luís Gastão Richter – marginal de uma linha férrea – que conta com mais usos não residenciais em relação à sua continuidade sentido norte.

INTRODUÇÃO

Em 30 de março de 2015 teve início a vigência da Lei Municipal nº 12.236/2015, a nova Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) de Londrina, substituindo a longeva Lei Municipal nº 7.485/1998. Entre suas novidades, uma das mais notáveis em termos de usos do solo não residenciais, foi a adoção da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE/CONCLA), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024) como base da regulação de usos solo não residenciais. Neste processo, os 1.332 códigos de atividades econômicas federais e outros 177 municipais foram agrupados em 39 categorias de uso do solo, por meio da Portaria Conjunta SMF/SMOP/IPPUL nº 01/2015 (IPPUL, 2015).

Além das alterações nas instituições operacionais por meio do uso dos códigos CNAE, o zoneamento da cidade foi completamente revisado, passando de seis para nove zonas residenciais, de seis para sete zonas comerciais e de duas para cinco zonas industriais, todas elas com novas poligonais. Uma mudança importante neste sentido foi a não renovação dos Zoneamentos de Eixo Comercial Sobreposto (ZECs), cuja função durante as LUOS anteriores - leis municipais 3.706/1984 e 7.485/1998¹³ - foi, sobretudo, garantir maiores permissões de usos não residenciais como forma de estímulo à consolidação de centralidades nas periferias.

Com base nessas ZECs se consolidaram em diversas regiões da cidade importantes centralidades em forma de eixo, como as ruas Figueira (Oeste), Roberto Conceição (Leste), Lindalva da Silva Bassetto (Norte) e Mangaba (Leste). Atualmente elas concentram uma ampla quantidade e diversidade de atividades econômicas, sobretudo terciárias, muitas delas voltadas ao atendimento das

13 A Rua Mangaba recebeu um zoneamento com grande potencial de usos do solo (ZECs ZC-4) já no início da Lei Municipal nº 3.706/1984. Com a Lei Municipal nº 7.485/1998, que a substituiu, ocorreu uma situação diferente. Originalmente, nesta norma, ela foi enquadrada na Zona Residencial 3, experimentando um breve período de diminuição das permissões de usos do solo. Contudo, menos de um ano depois ela teve seu zoneamento novamente alterado, com a inclusão de uma ZECs de ZC-6, pela Lei Municipal nº 7.734/1999.

demandas mais corriqueiras daqueles que residem, circulam ou trabalham em suas proximidades.

A não renovação dos eixos comerciais pela Lei Municipal nº 12.235/2015, significou que os lotes defronte a essas vias passassem a ser essencialmente regulados pelos parâmetros da Zona Residencial 3 (ZR-3). Nas porções anteriormente dotadas de ZECSs em leis de uso e ocupação do solo anteriores, essa alteração proporcionou uma intensa redução, de cerca de 80%¹⁴, nos potenciais de uso do solo.

Neste artigo foi avaliada comparativamente a identificação de usos do solo não residenciais mediante a aplicação de duas metodologias: bancos de dados do poder público municipal sobre empresas formalmente instaladas, e a observação *in loco* por trabalhos de campo, com ênfase na última. Esta análise está situada na continuidade dos trabalhos de IPPUL (2022) e em Gomes (2024), por meio dos quais diferentes fontes foram experimentadas de maneira comparativa visando a construção de procedimentos metodológicos mais robustos para permitir a identificação da realidade instalada, em termos de usos do solo, nos espaços urbanos.

Ele se justifica em dois princípios: a) pela vinculação entre o quadro de permissões normativas e o efetivado pelos empreendedores em termos formais e informais e; b) em função desta relação estar ligada diretamente ao conjunto de atividades econômicas exercidas e que implicarão socialmente nas esferas do trabalho e do consumo nas cidades. Por isso, entendemos que as decisões dos planejadores urbanos devem ser sempre contextualizadas da maneira como afetam a população, precisando estar alinhadas às realidades, demandas e potencialidades dos diferentes subespaços (Santos, 2012) que compõem as cidades.

¹⁴ A redução foi de cerca de 1.200 atividades econômicas permitidas para aproximadamente 150 nas vias coletoras B com 15m de largura, como a Rua Mangaba, ou 280 nas vias de hierarquia superior com largura mínima de 18m. Nas vias locais, as mais comuns da ZR-3, os usos não residenciais permitidos passaram a ser apenas três.

Em termos propositivos, buscou-se contribuir para a construção de procedimentos de levantamentos de usos do solo mais qualificados, permitindo aos planejadores não apenas identificar se uma área é menos ou mais ocupada por certos usos do solo – o que indica se, por isso, ela deveria ter menor ou maior potencial de usos do solo –, mas auxiliando também na definição de *quais* usos não residenciais precisam estar compreendidos nas permissões de certa área/zona para que ela não seja calibrada em desacordo aos quadros pré-existente e prospectado.

METODOLOGIA

Independente das razões para a situação instalada, cuja identificação deverá ser objeto de pesquisas futuras, as contradições identificadas e a experiência de trabalho obtida no Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Londrina (IPPUL), suscitaram uma preocupação constante pelo desenvolvimento e experimentação de metodologias para levantamentos de usos do solo mais efetivos, que tenham condições de basear a produção de normativas com a devida aderência às condições socioeconômicas e do espaço construído. Por esta razão estão detalhados, neste tópico, os caminhos metodológicos seguidos já há algum tempo e as ações desenvolvidas especificamente no âmbito deste artigo com o intuito de seu aprimoramento.

Este estudo decorre de atuação profissional (2019 a 2021), na equipe técnica responsável pela revisão da Lei Municipal nº 12.236/2015, uma das principais tarefas desenvolvidas no âmbito do IPPUL. À época, a identificação dos usos do solo das diferentes porções da cidade foi realizada principalmente por meio da análise de bancos de dados de alvarás de funcionamento e de consultas prévias da Secretaria Municipal de Fazenda (IPPUL, 2022).

Nesses registros oficiais há uma vinculação do lote urbano por meio do GEOCODI (seu código de identificação) com as informações das firmas e das atividades econômicas por elas licenciadas, conforme código CNAE. Essas bases de dados permitiram análises massivas, abrindo possibilidades para avaliações

precisas da compatibilidade entre as permissões de usos de diferentes zonas e lotes da cidade com as atividades nelas licenciadas e também em relação àquelas que vinham sendo consultadas para início ou ampliação. Naquele momento esses trabalhos foram combinados com algumas observações não estruturadas, realizadas *in loco*.

A partir dessas iniciativas foram levantadas as primeiras questões sobre a existência de eventuais lapsos entre os usos do solo da "cidade formal", aquela lavrada em documentos licenciadores de empresas, em relação àqueles executados na "cidade real", que contemplam os empreendimentos supracitados mas não se limitam a eles, abarcando também as operações não devidamente registradas e aprovadas pelo poder público¹⁵.

Em outro estudo (Gomes, 2024) foram comparados os resultados do levantamento de usos do solo a partir de diferentes metodologias, utilizando as bases de dados do poder público municipal, da Receita Federal do Brasil (2023), além das informações obtidas em trabalhos de campo. O trabalho a partir de cada fonte mostrou diferentes níveis de adequação ao objetivo, dependendo sobretudo da escala analítica considerada, dos tipos de usos, seus níveis de detalhamento ou dos ramos econômicos avaliados e. Elas também se mostraram melhor ou pior aplicáveis conforme a disponibilidade de recursos para a pesquisa.

Outras importantes conclusões deste trabalho foram que o cruzamento complementar de bases de dados providenciou uma identificação mais acurada dos usos do solo e que os trabalhos de campo enriquecem em grande medida os levantamentos iniciados em bases de dados, permitindo identificar aspectos não

¹⁵ A simples conformidade aos marcos regulatórios e uma correspondente presença nos registros estatais, que são os critérios usuais da distinção formal/informal (SILVA, 2018), relegam, a segundo plano, a diferenciação de formas de execução de atividades econômicas e as funções exercidas pelas empresas de tipos diversos na economia urbana. Como nota Oliveira (2008), a formalidade, nestes termos, ainda é marcada por problemas como uma generalidade conceitual, pela heterogeneidade das atividades abarcadas e pela ausência de perspectiva espacial e relacional. Por conta disso, o recorte formal/informal, com a eliminação destes últimos das análises, tende a gerar empecilhos para uma compreensão ampla e real da estrutura econômica-espacial das cidades brasileiras.

captáveis por meio delas, como as características de tipológicas de estabelecimentos, os fluxos de pessoas e mercadorias e os usos não formalizados.

O presente trabalho representa uma continuidade da obra anterior. Embora tenha permanecido o uso das bases de dados de alvarás do poder público municipal para avaliação dos resultados e aprimoramento da identificação de usos do solo, passou-se da simples investigação *in loco* do tipo de uso (residencial ou não residencial), feita em Gomes (2024) para um levantamento qualitativo mais apurado, levando em consideração também os tipos de atividades presentes nos diferentes lotes (ex: padaria, igreja, loja de materiais de construção etc.) com base em sua parametrização via códigos CNAE.

As informações usadas no trabalho foram coletadas a partir das bases de dados do poder público municipal e por meio de uma visita *in loco* na Rua Mangaba. Os preparativos ao trabalho de campo incluíram a elaboração de um mapa por meio do *software* QGIS¹⁶, com um código de controle atribuído a cada lote e a produção de uma planilha com tais anotações, com campos para anotação do tipo de uso do imóvel (residencial, não residencial ou misto), além de cinco células para apontamento das atividades econômicas neles desenvolvidas.

Com ambos os materiais impressos, o trabalho de campo foi realizado em 19/11/2024 (terça-feira) entre as 15:45 e as 16:30 da tarde. A opção por um dia comum, em um horário típico de trabalho, se justificou pelo interesse em observar as condições mais usuais ao longo de um dia da semana, dirimindo a possibilidade de situações excepcionais, como lojas fechadas, fluxos atípicos na via e nos estabelecimentos, situações possíveis caso escolhido um dia de final de semana ou um horário como o de almoço ou logo após as 18:00, por exemplo.

O plano inicial era que a mera identificação visual suprisse essa informação do uso exercido em determinado lote e, embora isso seja possível em muitos casos, em outros ela se mostrou insuficiente. Por fim, foi concluído que

¹⁶ O QGIS foi o *software* utilizado para a construção do mapa de usos do solo dos lotes da Rua Mangaba (Figura 1), enquanto o Excel foi empregado pra a produção das demais figuras (planilhas) elaboradas para o artigo.

uma adequada identificação do tipo de uso existente pode demandar, nos casos menos óbvios, consultas aos moradores/trabalhadores do imóvel ou à vizinhança que conhece o cotidiano local. Outra possível fonte para complementação dessa tarefa são as bases públicas de alvarás, que agregam, informações dos estabelecimentos formais em operação em cada imóvel.

Por último, a escolha da Rua Mangaba foi feita em consonância aos levantamentos anteriores das ruas Serra dos Pirineus e Serra da Graciosa, no Jardim Bandeirantes (Gomes, 2024). Sua seleção se deu pois todas essas porções fazem parte do mesmo processo de perda de potenciais de usos pela não renovação da ZECSs na Lei Municipal nº 12.236/2015. Entretanto, como a Rua Mangaba está localizada em outra região da cidade (Leste), num contexto de menor renda domiciliar - sendo vizinha, inclusive, a núcleos de ocupação irregular -, além de avaliar o fenômeno em outra porção e num contexto socioeconômico mais empobrecido, sua análise também permitiu identificar em mais detalhes as funções de trabalho e consumo efetivamente prejudicadas com as alterações normativas promovidas pela LUOS em questão.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O planejamento é essencialmente uma atividade racional que prevê um estado desejado de coisas e busca organizar ações diversas para que ele seja alcançado (Moroni, 2010, p. 138). Diferentes abordagens são possíveis em termos de planejamento urbano, contudo, é imprescindível que o espaço construído e as condições sociais e econômicas consolidadas sejam levadas em conta na elaboração das diretrizes futuras, pois elas são importantes orientadoras (limitadoras ou facilitadoras) do desenvolvimento das cidades.

O modelo monofuncional atrelado a um rígido controle de instalação de atividades econômicas são expressões do arcaico modelo de cidade modernista no qual a separação funcional é um dos marcos mais expressivos (Nygaard, 2005). Ele reproduz um equívoco ainda comum a diversas práticas do planejamento urbano atual: a tentativa de controle de sistemas complexos,

abertos e auto-organizados, como as cidades, como se fossem sistemas rígidos e fechados, expressando um paradoxo de planejamento baseado na suposição de que o futuro das cidades é previsível e, portanto, manipulável em grande medida (Portugali, 2008).

Lojkine (1997 p. 161) destaca outro paradoxo, entre a cooperação via planejamento instituída internamente às empresas capitalistas - que as visa dotar de coerência e eficácia para o alcance dos objetivos da organização - e o quadro anárquico do conjunto da formação social capitalista. Esta, por sua vez, se expressa pela operação de diversos agentes distintos que executam iniciativas (atividades econômicas) sem coordenação entre si. Tal organização que se impõe às cidades sob o modo de produção capitalista, marcadas pelo princípio de livre iniciativa, tende a tornar ineficazes eventuais controles excessivamente rigorosos sobre as decisões descentralizadas dos agentes econômicos, inclusive as locais.

While within the workshop, the iron law of proportionality subjects definite numbers of workmen to definite functions, in the society outside the workshop, chance and caprice have full play in distributing the producers and their means of production among the various branches of industry (Marx, 1909, p. 390)¹⁷.

Já a partir da década de 1970 era notável uma descentralização de atividades econômicas em Londrina, que contribuíram para a queda da monocentralidade até então construída na figura de seu Centro Principal (Maia, 2019, p. 135). Ressalta-se o histórico legal das ZECs, por meio das quais desde ao menos 1984 foram garantidos maiores potenciais de usos a diversos eixos comerciais para desenvolver centralidades periféricas e mercados locais. Ao eliminar os eixos comerciais sobrepostos, a Lei Municipal nº 12.236/2015 foi contra ambos os movimentos, já em andamento desde pelo menos quatro décadas anteriores a ela.

¹⁷ Em tradução livre: "Enquanto, dentro da oficina, a lei de ferro da proporcionalidade submete um certo número de operários a funções determinadas, na sociedade fora da oficina o acaso e o capricho fazem seu jogo na distribuição dos produtores e de seus meios de produção entre os diversos ramos da indústria".

Tal ruptura deve ser lida à luz das condições socioeconômicas que caracterizam os arredores da maioria desses eixos comerciais. Por estarem até então localizadas em porções periféricas no momento em que foi promovido o parcelamento das glebas das quais elas foram originadas - condição mantida para muitas delas mesmo hoje -, muitos de seus imóveis serviram e servem de base para a execução de atividades econômicas, estando vinculados, seja pela função do trabalho, seja pela do consumo, aos estratos populacionais mais pobres.

A pobreza, em virtude dos circuitos de distribuição que frequenta, constituiria um entrave à expansão da oligopolização, enquanto o próprio espaço urbano resultante oferece as condições para que as firmas menores tenham condições de serem criadas e mantidas. Durante os processos produtivos dos diferentes atores e, em virtude do cotidiano diferente das pessoas, o meio ambiente construído é atravessado por tempos mais rápidos dominantes ou tempos hegemônicos e tempos mais lentos hegemonzados temporalidades diferentes que, entretanto, são concomitantes e convergentes (Santos, 1990, p. 186-187).

Certas vias que historicamente receberam zoneamentos de eixos comerciais sobrepostos não se consolidaram como centralidades. Este certamente não é o caso da Rua Mangaba. Em análise às bases de dados do poder público municipal (alvarás de funcionamento e consultas prévias), IPPUL (2022) identificou que mais da metade (53,25%) de seus lotes contava com histórico de usos não residenciais formais¹⁸ e que diversas prospecções para a abertura de novas empresas ou então de ampliação daquelas existentes vinham sendo realizadas nos últimos anos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta parte do trabalho é dedicada à apresentação dos resultados práticos obtidos especialmente por meio da metodologia de trabalho de campo para a

¹⁸ O dado levantado por IPPUL (2022) considera o resultado de toda a extensão da via. Contudo, há uma clara divisão entre a parcela que estudamos neste trabalho, situada ao sul da linha férrea (marguada pela Rua Coronel Luiz Gastão Richter) e que concentra grande quantidade de usos não residenciais, e seu trecho norte, que permanece com as características de usos originais, com predominância de aplicações para fins de moradia.

identificação dos usos do solo na Rua Mangaba (Figura 1). Para tal, a exploração é iniciada pela avaliação distribuição espacial dos imóveis segundo tipo de uso (residencial, misto e não residencial), passando pela tipologia dos imóveis e estabelecimentos e para as atividades econômicas operadas, avaliando-as à luz das permissões de usos do solo da Lei Municipal nº 12.236/2015.

Nessas etapas também foram cruzadas as informações oriundas de trabalhos de campo com aquelas disponíveis nas bases de dados do poder público municipal, permitindo a avaliação, no término da seção, dos pontos positivos e das limitações de cada metodologia conforme os objetivos do estudo comparativo realizado.

A Figura 1 mostra que no trecho analisado da Rua Mangaba predominam lotes com usos não residenciais (40¹⁹ dos 53, ou 75,48% do total). Há um número igual de casos (20 cada) nos quais as atividades econômicas são as únicas instaladas nas edificações (uso não residencial) e aqueles em que seu exercício ocorre junto com a finalidade de moradia, o que define o uso misto do imóvel. Usos residenciais exclusivos são minoria, abarcam apenas um quarto (13 ou 24,52%) dos lotes do recorte estudado.

Quanto à distribuição na extensão da via, destaca-se que não é a porção inicial da Rua Mangaba - conectada à Avenida das Laranjeiras, via arterial -, que possui a maior concentração de estabelecimentos, mas sua parcela intermediária, entre a Rua Pitangueiras e a Rua dos Cravos, localizada nas imediações de um supermercado Super Golff, superfície comercial que aparentemente exerce um importante papel na consolidação da centralidade do eixo. Dos usos exclusivamente residenciais, a maior parte está localizada no recorte sul, em dois grandes lotes ocupados por condomínios verticais e em dois imóveis defronte a eles, ocupados por residências unifamiliares. Outra concentração residencial está

¹⁹ Três desses imóveis estavam desocupados. Eles estavam respectivamente em reforma para adequação à fins não residenciais, disponíveis para a locação ou fechados, mas eram claramente voltados a usos não residenciais.

na porção nordeste, nas quadras mais próximas à linha férrea margeada pela Rua Coronel Luiz Gastão Richter.

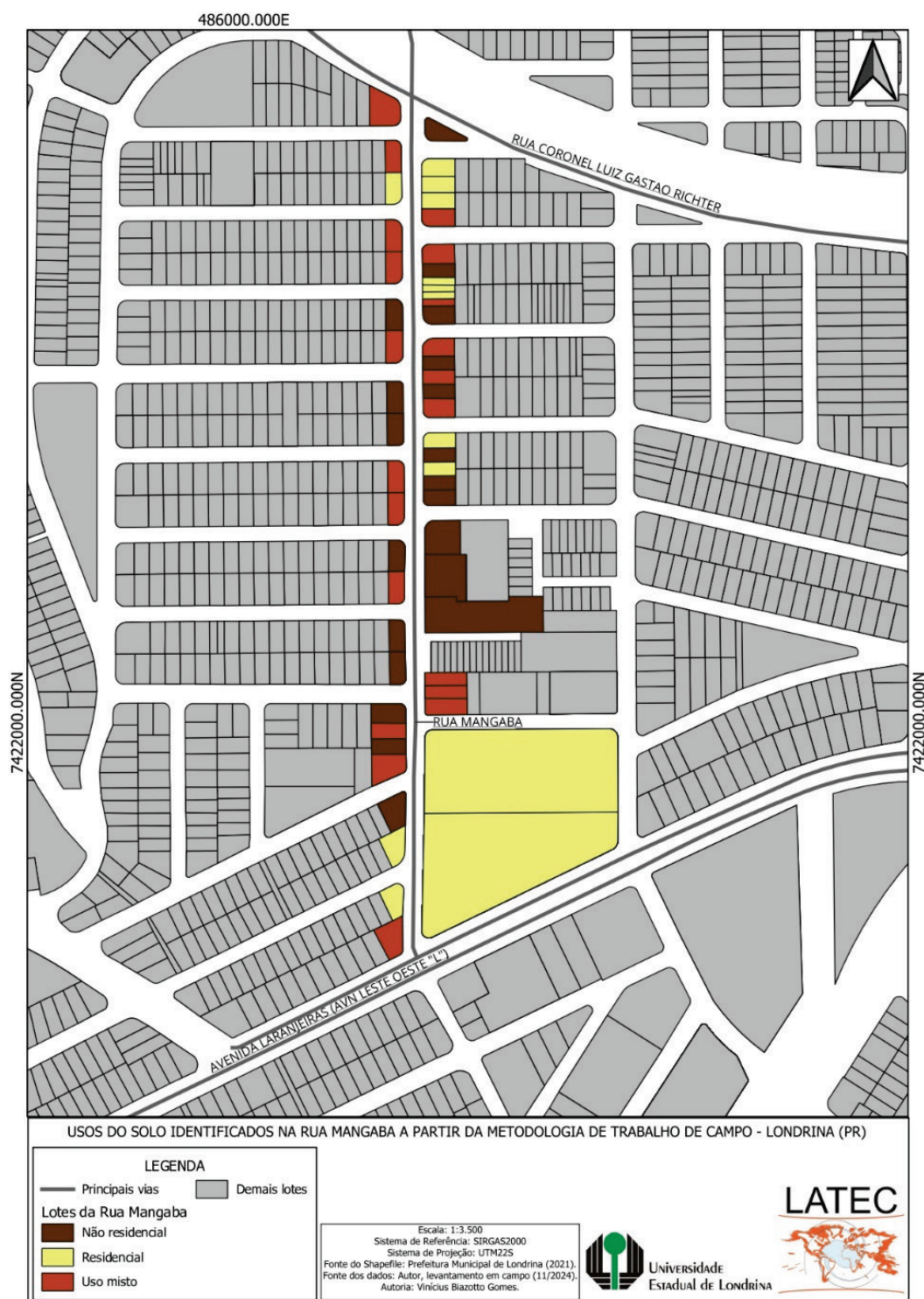


Figura 1 - Usos do solo dos lotes da Rua Mangaba - Trecho entre a Avenida das Laranjeiras e a Rua Coronel Luís Gastão Richter.
Fonte: Levantamento em campo. **Org:** Autor.

Se as bases de dados do poder público municipal subestimam o total de lotes com usos não residenciais na Rua Mangaba (apontando 26 contra 40 identificados na prática), a lacuna entre o formal e o real é ainda maior no quantitativo de estabelecimentos. Enquanto os dados da prefeitura indicam 44 estabelecimentos com alvarás ativos, foram identificados 89 deles em funcionamento²⁰, mais do que o dobro²¹ formalmente registrado nas bases municipais.

A combinação dos dados de estabelecimentos (89) e de imóveis com atividades econômicas (37 ocupados no momento do levantamento) revela uma média de 2,4 empresas por cada lote com usos não residenciais, caracterizando uma ocupação densa dessas edificações por diferentes firmas. Na realidade, a ocupação de um imóvel por uma única empresa é a exceção na Rua Mangaba, ocorrendo em apenas um terço (13 ou 35,14%) dos casos. Destas situações, seis casos trata-se de imóveis de uso misto (residencial e não residencial).

Os imóveis restantes possuem de dois a três estabelecimentos (11 casos), três a quatro (nove casos) ou de cinco a sete (quatro situações). Esse uso intensivo ainda deve ser considerado junto ao fato de que os lotes ao longo da Rua Mangaba são predominantemente pequenos (entre 250m² e 350 m²) e que a grande maioria de suas edificações possui apenas pavimento térreo.

As altas densidades de usos não residenciais estão ligadas a diversas características típicas de funcionamento do circuito inferior da economia urbana apontadas por Santos (2004, p. 216-217), como lojas de pequenas dimensões muitas vezes instaladas por meio de estruturas improvisadas e/ou imóveis

²⁰ É provável que outras empresas sem identificação operem nos imóveis avaliados, o que indica que há grandes chances para a existência de uma quantidade ainda mais expressiva de firmas por lote.

²¹ É preciso certa ponderação na comparação das informações de alvarás de funcionamento e as identificadas em trabalho de campo pois enquanto as primeiras são de abril de 2023, o trabalho de campo foi feito em novembro de 2024. Contudo, como não houveram mudanças expressivas no cenário econômico, pelo fato de muitos dos estabelecimentos identificados no Google Street View em 2023 permanecerem instalados, além da baixa vacância dos imóveis mantida nestes momentos, adotou-se o entendimento de que a comparação é válida em termos gerais.

adaptados ou ainda em locais compartilhados com outras atividades, não raro com finalidades bastante distintas²².

O compartilhamento de funções residenciais e não residenciais em um único imóvel, verificado em diversas edificações da Rua Mangaba, é outra característica comum às firmas do circuito inferior. Nestes casos, a possibilidade de fuga dos impostos, de execução compartilhada dos afazeres domésticos junto aos laborais, bem como a ampliação das ocasiões de atendimento e, sobretudo, a economia de tempo e dinheiro, se constituem como vantagens características aos arranjos de usos combinados.

A maioria das edificações da Rua Mangaba que atualmente são utilizadas para fins não residenciais foram construídas originalmente entre 40 e 60 anos atrás, para usos unicamente residenciais. A sua conversão dessa antiga tipologia, foi feita, geralmente, de forma rudimentar. Neste processo, em vários casos foi providenciada a subdivisão da edificação original em uma série de pequenas unidades independentes, criando bases para que diversos estabelecimentos se instalassem em um único terreno.

Essa característica do espaço construído da Rua Mangaba influencia positivamente na vitalidade urbana, permitindo que empresas de diferentes capacidades econômicas se instalem, o que beneficia sobretudo aquelas menos capitalizadas. Esse incentivo à vitalidade urbana em função da fragmentação de uma edificação em pequenas unidades acaba exercendo o mesmo efeito promovido pelos imóveis de diferentes idades - fator este ressaltado por Jacobs (2011) -, pois, em ambos os casos, são proporcionados menores custos de locação aos empreendedores.

Apresentadas as principais características da disposição espacial dos usos não residenciais e das edificações que os sediam, na Figura 2 estão listadas

²² Em um caso específico, identificamos um lote que sediava cinco operações, sendo um escritório de advocacia, uma loja de calçados, uma loja de acessórios de celular, um chaveiro e um dentista, nenhuma delas ocupando mais do que 50m² de superfície, isoladamente.

de maneira agrupada os principais tipos de estabelecimentos identificados em trabalho de campo na Rua Mangaba.

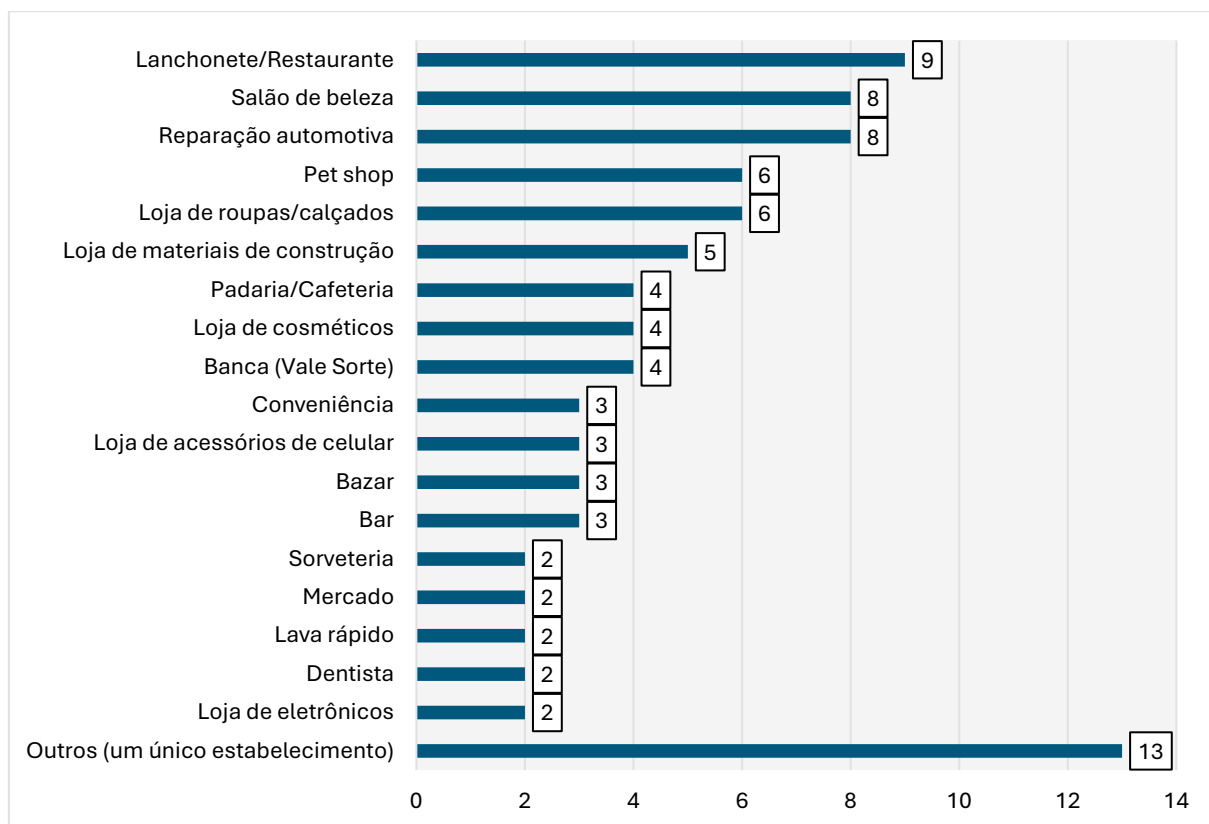


Figura 2 - Principais tipos de estabelecimentos presentes na Rua Mangaba, por atividade econômica - Trecho entre a Avenida das Laranjeiras e a Rua Coronel Luís Gastão Richter.

Fonte: Levantamento em campo. Org: Autor.

A avaliação dos tipos de estabelecimentos instalados na Rua Mangaba mostra que diversos usos nela presentes coincidem com aqueles originalmente estimulados por meio das ZECs das leis municipais nº 3.706/1984 e 7.485/1998, voltados, sobretudo, ao atendimento de demandas elementares e corriqueiras do contexto local dos próprios eixos comerciais, como lanchonetes, mercados, salões de beleza, *petshops*, padarias, bancas e lojas de conveniência.

Contudo, atualmente coexistem na Rua Mangaba diversas atividades de caráter não local, como oficinas mecânicas, dentistas, lojas de materiais de construção, de artigos do vestuário, além de escritórios e pequenas indústrias, usos esses distintos do originalmente projetado para as ZECs. Isso mostra como

esta centralidade específica superou e muito as expectativas funcionais que outrora lhe foram atribuídas, devendo, por isso, ser ponderado o uso de expressões como "eixo comercial de bairro" para se referir à sua situação presente.

Após essa avaliação dos tipos de estabelecimentos de maneira agregada, na Figura 3 foram analisadas as condições de permissões de usos do solo não residenciais atuais da Lei Municipal nº 12.236/2015 (referentes à Zona Residencial 3) para as atividades econômicas principais dos estabelecimentos identificados na Rua Mangaba, conforme código CNAE.

Observa-se que menos da metade (47,20%) dos estabelecimentos da Rua Mangaba possuem sua atividade principal abarcada nas permissões da Lei Municipal nº 12.236/2015. Como em Londrina o licenciamento de empresas requer a anuência a todas as atividades econômicas (principais e secundárias, quantas forem) é muito provável que a quantidade de estabelecimentos em desacordo com as permissões de sua ZR-3 seja ainda maior já que as firmas geralmente executam mais de uma atividade econômica.

ATIVIDADE ECONÔMICA (CNAE)		CLASSE DE USO	ESTABELECIMENTOS	APLICA-SE A MEI?
CÓDIGO	DESCRIPTIVO			
5611-2/01	Restaurantes e similares	CL-2	9	SIM
9602-5/01	Cabeleireiros, manicure e pedicure	SL-1	8	SIM
4520-0/01	Serviços de manutenção e reparação mecânica de veículos automotores	SG-10	8	SIM
4781-4/00	Comércio varejista de artigos do vestuário e acessórios	CG-1	6	SIM
4789-0/04	Comércio varejista de animais vivos e de artigos e alimentos para animais de estimação	CL-2	6	SIM
4744-0/99	Comércio varejista de materiais de construção em geral	CG-1	5	SIM
1091-1/02	Fabricação de produtos de padaria e confeitaria com predominância de produção própria	IND-D	4	SIM
4761-0/02	Comércio varejista de jornais e revistas	CL-2	4	SIM
4772-5/00	Comércio varejista de cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	CL-2	4	SIM
5611-2/04	Bares e outros estabelecimentos especializados em servir bebidas, sem entretenimento	CL-2	3	SIM
4723-7/00	Comércio varejista de bebidas	CL-2	3	SIM
4713-0/02	Lojas de variedades, exceto lojas de departamentos ou magazines	CG-1	3	SIM
4752-1/00	Comércio varejista especializado de equipamentos de telefonia e comunicação	CG-1	3	SIM
1053-8/00	Fabricação de sorvetes e outros gelados comestíveis	IND-D	2	NÃO
4711-3/02	Comércio varejista de mercadorias em geral, com predominância de produtos alimentícios - supermercados	CG-1	2	NÃO
4520-0/05	Serviços de lavagem, lubrificação e polimento de veículos automotores	SG-10	2	SIM
8630-5/04	Atividade odontológica	SG-2A	2	NÃO
4753-9/00	Comércio varejista especializado de eletrodomésticos e equipamentos de áudio e vídeo	CG-1	2	SIM
4729-6/01	Tabacaria	CL-2	1	SIM
4724-5/00	Comércio varejista de hortifrutigranjeiros	CL-1	1	SIM
9521-5/00	Reparação e manutenção de equipamentos eletrônicos de uso pessoal e doméstico	SL-4	1	SIM
1412-6/01	Confeção de peças de vestuário, exceto roupas íntimas e as confeccionadas sob medida	IND-C	1	SIM
2532-2/01	Produção de artefatos estampados de metal	IND-C	1	SIM
6911-7/01	Serviços advocatícios	SP-2	1	NÃO
6920-6/01	Atividades de contabilidade	SG-1	1	NÃO
9529-1/02	Chaveiros	SL-1	1	SIM
1412-6/02	Confeção, sob medida, de peças do vestuário, exceto roupas íntimas	IND-C	1	SIM
9491-0/00	Atividades de organizações religiosas ou filosóficas	SL-6	1	NÃO
6822-6/00	Gestão e administração da propriedade imobiliária	SG-1	1	NÃO
4771-7/01	Comércio varejista de produtos farmacêuticos, sem manipulação de fórmulas	CL-2	1	NÃO
4774-1/00	Comércio varejista de artigos de óptica	CG-1	1	SIM
LEGENDA				
PERMISSÃO DE USO NA ZONA				
	Estabelecimentos cuja atividade principal não é permitida na zona	-	47 (52,80%)	SIM: 78 (87,64%)
	Estabelecimentos cuja atividade principal é permitida na zona	-	42 (47,20%)	NÃO: 11 (12,36%)

Figura 3 - Atividades principais dos estabelecimentos da Rua Mangaba e respectiva permissão de uso - Entre a Avenida das Laranjeiras e a Rua Coronel Luís Gastão Richter.

Fonte: Levantamento em campo; IPPUL (2015); Receita Federal (2020). Org: Autor.

Dentre as atividades permitidas, a maioria são de tipo terciário tipicamente vinculadas à satisfação de necessidades imediatas e corriqueiras da vizinhança residencial, como comércio de alimentos para animais, bebidas, tabaco, hortifrutis, medicamentos, bancas (Vale Sorte), além de serviços de alimentação e entretenimento (restaurantes e bares) e salões de beleza. Lojas de cosméticos, chaveiros e serviços advocatícios, contudo, destoam delas quanto a recorrência e necessidade de acesso, embora também sejam usos permitidos.

Por sua vez, diversas atividades terciárias de necessidade imediata e corriqueira da vizinhança residencial (padarias, sorveterias, supermercados, igrejas) estão enquadradas em categorias de uso proibidas na ZR-3 – de comércio e serviços geral (CGs e SGs). Sua não inclusão em categorias de uso locais, como a SL (Serviço Local) e a CL (Comércio Local), que abarcam as atividades permitidas do parágrafo anterior, evidenciam problemas na sua composição, indicando que elas são formadas por um rol de atividades aquém do adequado.

Os usos não permitidos mas atualmente executados na Rua Mangaba também abarcam comércios de acesso ocasional e frequência esporádica (bazares, óticas, lojas de eletrônicos, roupas e materiais de construção), serviços de conservação e reparo de bens (oficinas mecânicas, lava-rápidos, de reparo de eletrodomésticos), escritórios (contabilidade e imobiliária – embora paradoxalmente as atividades advocatícias sejam permitidas) e industriais (confecção e fabricação de calhas) de pequeno porte.

Uma importante exceção ao funcionamento de atividades econômicas na Rua Mangaba se refere aos MEIs. Esta categoria está dispensada do alvará de funcionamento em âmbito nacional pela Resolução Federal CGSIM nº 62/2020. O Município de Londrina lhes faculta a obtenção deste documento, conforme Decreto Municipal nº 1167/2020, as dispensando dos ritos necessários à formalização dos demais tipos de empresas. Embora as atividades dos MEIs também devam ser compatíveis com o zoneamento, vide §2º do art. 7º do Decreto Municipal nº 1.062/2024, a dispensa de ato público municipal – inclusive de análises quanto às permissões de usos do lote pretendido – para a sua abertura,

permite que os MEIs iniciem o funcionamento à revelia das disposições do zoneamento, embora possam ser alvo de sanções caso tal incompatibilidade seja constatada.

A modalidade MEI contudo, é restrita à execução das 472 atividades econômicas listadas na Resolução Federal CGSIM nº 140/2018. Os dados registrados na Figura 3 mostram que em 78 casos (87,64%) as prováveis atividades principais dos estabelecimentos da Rua Mangaba poderiam, em tese, ser exercidas nesta modalidade. Contudo, além de todas as atividades do estabelecimento precisarem constar na lista definida na norma supracitada, os MEIs possuem uma série de limitações em termos de faturamento (R\$ 81.000,00 anuais) e empregados (apenas um), conforme Lei Complementar nº 01/2006.

Neste sentido, as normas federais que disciplinam os MEIs trazem exceções práticas à regulação municipal, diminuindo o controle do poder público local sobre os usos do solo em seu território ao permitir que determinados empreendimentos se instalem à revelia aos dispositivos legais de permissões de usos do solo. Em efeitos práticos, a permissão para a instalação e funcionamento das firmas enquadráveis como MEIs acaba sendo menos regulada pelo controle de *usos do solo* não residenciais da legislação local, sendo limitada, essencialmente, pelos requisitos de *porte* do empreendimento das normas federais.

Por conta disso, dos 47 (52,80%) estabelecimentos cuja provável atividade principal não é permitida pela LUOS avaliada, é possível que alguns deles estejam formalizados como MEI justamente em razão da dispensa manifestação do poder público local quanto ao zoneamento. Nestas situações, as normas federais acabaram por trazer uma flexibilidade necessária à continuidade da execução das funções consuntivas e laborais historicamente exercidas nos lotes da Rua Mangaba mas que não foram contempladas nas permissões de usos da LUOS analisada.

Dos demais estabelecimentos instalados, alguns se tratam de usos desconformes, cuja permanência em funcionamento é amparada por sua

instalação ter ocorrido durante a vigência de leis de uso e ocupação do solo anteriores ou, nas situações mais recentes, pode tratar-se de firmas que se instalaram com base no art. 271 da Lei Municipal nº 12.236/2015²³ ou ainda de agentes que operam na informalidade, à revelia dos registros e das disposições legais.

Detalhados os resultados do levantamento de usos do solo na Rua Mangaba, na Figura 4 estão compiladas as principais forças e potencialidades, bem como as maiores limitações e fragilidades da identificação dos usos do solo não residenciais a partir de bases de alvarás de funcionamento do poder público municipal e da metodologia de trabalho de campo.

A comparação das diferentes metodologias a partir da Figura 4 mostra que elas se distinguem quanto aos seus pontos fortes e fracos em razão de suas características intrínsecas. Enquanto as bases de dados de alvarás são mais adequadas para trabalhos em recortes mais amplos, que abarquem múltiplas realidades locais e/ou que demandem análises de registros oficiais formalizados junto ao poder público local, os trabalhos de campo trazem possibilidades únicas de identificação da realidade manifesta na paisagem, permitindo levantar fenômenos que são mais difíceis ou que sequer podem ser captados a partir de bases de dados formais.

²³ O art. 271 da Lei Municipal nº 12.236/2015 permitia que quando identificados óbices de usos do solo, que os estabelecimentos pretendidos também pudessem ser analisados pelos parâmetros da Lei Municipal nº 7.485/1998. Essa solução aplica-se quando a instalação da empresa é pretendida em imóveis com certos documentos expedidos durante a LUOS anterior (1998 a 2015), como alvará de construção, habite-se ou, ainda, alvará de funcionamento de qualquer empresa. Como a Rua Mangaba pertencia à ZECS ZC-6 na LUOS anterior, essa solução, nos casos em que é aplicável, amplia em grande medida as chances de compatibilidade para a instalação das firmas.

BASE DE DADOS DE ALVARÁS DE FUNCIONAMENTO DO PODER PÚBLICO MUNICIPAL	
DO QUE SE TRATA: Base de dados municipais que sintetizam as informações de usos não residenciais por meio dos alvarás de funcionamento ativos registrados no município.	
MELHORES RESULTADOS: Especialmente útil em estudos que demandem informações oficiais, que abarquem grandes recortes espaciais municipais, ou visem espacializar certas atividades econômicas.	
PRINCIPAIS FORÇAS E POTENCIALIDADES	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES E FRAGILIDADES
Todos os dados de alvarás de funcionamento (exceto MEIs) estão formatados em um registro unificado de atividades (códigos CNAE) e endereços (GEOCODI), permitindo uma fácil e rápida correlação com outras bases municipais (consultas prévias, base cartográfica etc.);	Abarca apenas os estabelecimentos e as práticas formais que executam. Isso é especialmente crítico na análise de certos ramos da economia, contextos socioespaciais e tipos de empreendimentos usualmente ligados à informalidade ou diferentemente anotados nos registros oficiais (como MEIs);
São informações oficiais organizadas pelo Poder Público Municipal;	O acesso restrito aos dados e as decisões discricionárias que precedem a sua cessão pode dificultar sua obtenção destas e de outras bases municipais (ex.: base cartográfica) necessárias para análises espaciais mais precisas;
Permite identificar as atividades econômicas e a modalidade como elas estão licenciadas, o que possibilita o levantamento do conteúdo que pode ser executado em termos legais;	Seu grande volume de dados requer um computador com bom poder de processamento para a tabulação, sendo também necessário prática em softwares como o Excel e o QGIS;
Possui alta aderência à essência contendo aquilo que não pode ser captado a partir dos sentidos, possuindo um conjunto de informações adicionais importantes (razão social, modalidade operacional, data de abertura, restrições anotadas, entre outras) das firmas instaladas;	Requer trabalho de tabulação para organização dos dados pois com exceção do GEOCODI e dos códigos CNAEs, algumas informações são registradas de forma inconsistente e não padronizada, sendo menos confiáveis enquanto não organizadas;
A classificação com base no CNAE permite a identificação rigorosa das atividades principais e secundárias que podem ser executadas por estarem licenciadas nos estabelecimentos.	Apenas mais recentemente o município vem recebendo da Receita Federal uma carga mais completa das informações dos Micro Empreendedores Individuais.
LEVANTAMENTO EM TRABALHOS DE CAMPO	
DO QUE SE TRATA: Levantamento <i>in-loco</i> das informações de usos não residenciais exercidos nos diferentes lotes de certo recorte espacial.	
MELHORES RESULTADOS: Especialmente útil na análise de pequenas áreas (vias ou bairros), quando é necessário conhecer os usos informais ou comparar realidades em municípios distintos.	
PRINCIPAIS FORÇAS E POTENCIALIDADES	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES E FRAGILIDADES
Permite obter informações qualitativas que as fontes oficiais não são capazes de suprir, como fluxos de pessoas e veículos, certas características das operações dos locais que as sediam, dos transeuntes, dos trabalhadores e dos consumidores de tais empresas;	Metodologia de difícil aplicação - por vezes até mesmo inviável - em áreas mais amplas em função dos recursos demandados para a preparação do trabalho de campo, o levantamento de informações e a tabulação dos dados coletados;
Permite identificar parte significativa da cidade informal (operações sem alvará ou lacunas registrais), desde que manifestas na paisagem;	Dificuldades de obtenção de informações sobre certos lotes (fechados, com muros altos, sem identificação das operações), o que pode exigir a realização de breves consultas à população local;
Pode ser especialmente útil em momentos iniciais da pesquisa por permitir o surgimento de novas ideias, hipóteses e inspirações a partir dos aspectos qualitativos;	Não possui caráter oficial, sendo, por si só, pouco útil para identificar a situação de formalização dos estabelecimentos ou de suas características registrais;
Possibilita a comparação entre diferentes realidades municipais por meio da aplicação de uma metodologia compartilhada, independente do acesso ou da qualidade das bases oficiais;	A qualidade dos dados levantados pode ser comprometida por inabilidade, erros de interpretação, vieses ou desatenção da equipe, podendo, em caso de falhas, demandar trabalhos de campos complementares;
Pode proporcionar uma conexão direta com as populações locais, o que tem potencial de ser proveitoso para estabelecer diálogos e estreitar laços entre a academia e o poder público com tais comunidades, favorecendo a identificação mais direta de suas demandas.	Requer prática para reconhecimento dos usos principais e seu enquadramento nos códigos de CNAE. Além disso, o levantamento em campo é pouco proveitoso para identificar o conjunto total de atividades econômicas secundárias exercidas no estabelecimento.

Figura 4 - Comparativo metodológico do levantamento de usos do solo com base em base de dados de alvarás do poder público municipal e em trabalhos de campo.

Fonte: Elaboração própria. Org: Autor.

Desta maneira, as deficiências de uma metodologia acabam sendo supridas pela outra. Durante os processos de escolha da ou das metodologias a

serem empregadas para um levantamento de usos não residenciais, uma questão importante a ser ponderada pelo pesquisador e pelos servidores públicos da área de planejamento urbano, é o requisito de uma aplicação adequada dos meios (recursos financeiros e de tempo, sobretudo) disponíveis para o levantamento, em função da *eficiência* exigida de seu trabalho. Este termo polissêmico que se refere tanto à qualidade de um resultado atingido quanto a uma aplicação racional dos meios disponíveis²⁴ é, inclusive, um princípio do serviço público, vide art. 37 da Constituição Federal.

Desta forma, independente da metodologia escolhida, é preciso que o pesquisador, seja um acadêmico, seja um planejador urbano, se atente à eficiência e a qualidade requisitadas ao seu trabalho frente os meios disponíveis e os objetivos do levantamento. Isso requer uma noção clara das limitações metodológicas que as diferentes possibilidades de identificação da realidade possuem, seja durante as fases de delineamento da pesquisa, nos levantamentos de dados, nas análises, ou ainda durante a elaboração das proposições finais de seu trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos resultados das diferentes metodologias de identificação dos usos do solo não residenciais - bases de dados estruturadas de informações formais do poder público municipal e a realização de trabalhos de campo - mostra que elas oferecem fragilidades e potencialidades específicas, sendo que a sua combinação é que permite identificar os quadros mais fiéis às realidades do espaço urbano. Contudo, embora fecunda, essa utilização conjunta nem sempre é possível em razão dos objetivos de cada pesquisa e, sobretudo, dos meios disponíveis ao pesquisador/planejador urbano.

²⁴ As duas acepções são referidas no Dicionário Michaelis (2024), sendo respectivamente: "Capacidade de realizar bem um trabalho ou desempenhar adequadamente uma função; aptidão, capacidade, competência." e "Atributo ou condição do que é produtivo; desempenho, produtividade, rendimento."

Mais importantes do que os resultados de cada metodologia foram as conclusões identificadas com a sua aplicação no estudo de caso da Rua Mangaba. Eles mostram que os lotes ao longo desta via sediam uma quantidade notável de firmas, evidenciando, já de início, uma série de contradições entre o quadro existente e aquele permitido e projetado para ela na Lei Municipal nº 12.236/2015.

Tal desalinhamento é manifesto tanto frente o histórico de permissões de usos das leis de uso e ocupação do solo anteriores - que por trinta anos regularam as aplicações possíveis aos lotes em questão - quanto diante dos usos atualmente instalados. Também se evidencia em relação à vocação deste eixo comercial face às populações que dele dependem, seja pela necessidade de acesso (como consumidora) quanto de uso (como empreendedora ou trabalhadora) dos imóveis dedicados a fins não residenciais.

Por isso é importante que o planejador urbano compreenda que suas decisões não interferem apenas, e de modo frio, nos potenciais de usos dos lotes que regulam. Elas afetam, de maneira crucial, um grande número de famílias que deles tiram ou buscarão tirar seu sustento, bem como aquelas que recorrem à tais firmas para a satisfação das necessidades consuntivas próprias do cotidiano citadino. Em termos quantitativos isso é ilustrado pelos 40 imóveis (75,48% do total) com usos não residenciais da Rua Mangaba, que abrigam 89 estabelecimentos e pela própria continuidade, renovação e recente ampliação da oferta de bens e serviços nela historicamente prestados, o que é uma prova das diversas relações formadas entre tais empresas frente os grupos sociais mencionados.

Pela ineficácia em incentivar os usos que permite, bem como em impedir a execução daqueles restritos, evidencia-se a incapacidade da Lei Municipal nº 12.236/2015 de orientar a produção do espaço urbano e o uso dos imóveis naquela localidade. Embora as normas sejam elaboradas com a intenção de canalizar práticas desejáveis e impedir as indesejáveis, elas nem sempre acabam

sendo capazes de induzir as ações humanas nos sentidos pretendidos²⁵. O caso da Rua Mangaba exemplifica como regulações estritas aplicadas sobre sistemas abertos, complexos e auto organizados - como as cidades, ou seus recortes intraurbanos - tendem a falhar enquanto regras quando entram em contradição com a realidade instalada.

REFERÊNCIAS

GOMES. Vinícius Biazotto. Comparativo metodológico da identificação de usos do solo - estudo no Jardim Bandeirantes, Londrina (PR). In: **II Encontro Internacional de Metodologias Qualitativas de Pesquisa e/ou Ação.**, 2024, Londrina. Anais do II Encontro Internacional de Metodologias Qualitativas de Pesquisa e/ou Ação. Londrina: Ed. Autores, 2024. p. 218-224.

HOGDSON, Geoffrey. **What Are Institutions?** Journal of Economic Issues, Londres, v. 40, n. 1, p. 1-25, 2006.

IBGE. **Comissão Nacional de Classificação.** 2024 Disponível em: <<https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?>>. Acesso em: 16 jul. 2024.

IPPUL. Portaria Conjunta nº 01/2015. **Realiza a correspondência entre as atividades previstas na Lei Municipal nº 12.236, de 29 de Janeiro de 2015, e as atividades descritas na Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE.** 2015. Disponível em: <https://www2.londrina.pr.gov.br/jornaloficial/images/stories/jornalOficial/jornal_2688_errataassinado.pdf>. Acesso em 18 nov. 2024.

IPPUL. Relatório 2 - **Diagnóstico e proposições.** 2022. Disponível em: <<https://repositorio.londrina.pr.gov.br/index.php/ippul/relatorios-finais-leis-especificas/49609-relatorio-2-cadernos/file>>. Acesso em: 22 abr. 2023.

JACOBS. Jane. **Morte e Vida de Grandes Cidades.** 3.ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011, 510p.

LOJKINE, Jean. **O Estado Capitalista e a Questão Urbana.** 2.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

LONDRINA. Lei 7.485, de 20 de julho de 1998. **Dispõe sobre o Uso e a Ocupação do Solo na Zona Urbana e de Expansão Urbana de Londrina, e dá outras providências.** Londrina: Câmara Municipal, [1998]. Disponível em:

²⁵ Como essa capacidade de guiar as ações humanas é um atributo essencial às instituições, pode-se dizer, então, que nem sempre as normas se consolidam como instituições (Hodgson, 2006), a exemplo da lei em questão no recorte espacial estudado.

<<https://www1.cml.pr.gov.br/leis/1998/web/LE074851998consol.html>>. Acesso em: 08 jul. 2024.

LONDRINA. Lei 12.236, de 29 de janeiro de 2015. **Dispõe sobre o Uso e a Ocupação do Solo no Município de Londrina e dá outras providências.** Londrina: Câmara Municipal, [2015]. Disponível em: <<https://www1.cml.pr.gov.br/leis/2015/web/LE122362015consol.html>> Acesso em: 08 jul. 2024.

MAIA, Doralice Sátyro. **A constituição do centro das cidades Bocas de Sertão: do processo de centralização e de constituição da Área Central.** In: MAIA, Doralice Satyro; SILVA, William Ribeiro da; WHITACKER, Arthur Magon. Centro e centralidade em cidades médias. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2017. p. 93-148.

MARX, Karl. **Capital** - A Critique of Political Economy. Chicago: Charles H. Kerr & Company, 1909. 869p.

MICHAELIS. **Eficiência.** 2024. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/efici%C3%Aancia/>>. Acesso em: 02 dez. 2024.

MORONI, Stefano. **Rethinking the theory and practice of land-use regulation: Towards nomocracy.** Planning Theory, v.9, n.2, p. 137-155, 2010.

NYGAARD, Paul Dieter. **Planos Diretores de Cidades** - Discutindo sua base doutrinária. 1.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

OLIVEIRA, Edilson Luis de. Algumas considerações sobre o conceito de setor informal e a teoria dos circuitos da economia urbana. **Revista Geografias.** Belo Horizonte, v. 4, n.1, p. 54-70, 2008.

PORTUGALI, Juval. **Learning from paradoxes about prediction and planning in self-organizing cities.** Planning Theory, Los Angeles, v.7, n.3, p. 248-262, 2008.

RECEITA FEDERAL. **Total de Micro Empreendedores Individuais.** 2024. Disponível em: <<http://www22.receita.fazenda.gov.br/inscricaoimei/private/pages/relatorios/opcoesRelatorio.jsf>>. Acesso em 19 nov. 2024.

SANTOS, Milton. **A metrópole: modernização, involução e segmentação.** In: VALADARES, Licia; PRETECEILLE, Edmond. (coord.). Reestruturação urbana: tendências e desafios. 1.ed. São Paulo: Novel, 1990, p. 183-191.

SANTOS, Milton. **O espaço dividido** - Os dois circuitos da economia urbana nos países subdesenvolvidos. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2004. 433p.

SANTOS, Milton. **Por Uma Economia Política da Cidade.** 2.ed. São Paulo: Edusp, 2012.

SILVA, Sandro Pereira. Informalidade: "o que é e o que não pode ser que não é".
Radar - Tecnologia, Produção e Comércio Exterior (IPEA). Brasília. v. 55, p. 27-
30. 2018.

CAPÍTULO VI

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À IDENTIFICAÇÃO DE ILHAS DE CALOR SUPERFICIAL: ESTUDO DE CASO EM EMBU DAS ARTES-SP (2025)

Raul Moura Guimarães Pena²⁶

Marciel Lohmann²⁷

Theo Goulart Tavares de Lima Araujo²⁸

RESUMO

Por integrar a Região Metropolitana de São Paulo, o município de Embu das Artes, classificado como cidade média, apresenta diferentes dinâmicas de uso e ocupação do solo que contribuem para o aumento das temperaturas locais e para a formação de Ilhas de Calor Urbano de Superfície (ICUS). Esse fenômeno impacta negativamente a saúde pública e a qualidade de vida urbana. Assim, esta pesquisa teve como objetivo identificar e mapear as ICUS no município, por meio da elaboração de um mapa de Temperatura de Superfície Terrestre (TST) e sua comparação com o uso e ocupação do solo, utilizando técnicas de sensoriamento remoto a partir de dados do satélite Landsat 8 em um episódio específico do verão (06/02/2025). Os resultados revelaram variações significativas de TST entre áreas urbanas e vegetadas, com destaque para zonas industriais e densamente urbanizadas, que apresentaram as maiores temperaturas, enquanto regiões com vegetação densa e corpos d'água registraram valores mais amenos. O estudo evidenciou a presença de ICUS e reforçou a importância das áreas verdes para o conforto térmico urbano, além de destacar o sensoriamento remoto como ferramenta eficaz no planejamento e gestão territorial.

Palavras-chave: Ilhas de calor urbana superficial (ICUS); Sensoriamento Remoto; Embu das Artes-SP; Temperatura superficial terrestre (TST); Cidade média.

²⁶ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Londrina, raul.mouragpena@uel.br.

²⁷ Professor Adjunto do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, marciel@uel.br.

²⁸ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Londrina, theo.goulart.tavares@uel.br.

INTRODUÇÃO

A Teoria do Clima Urbano, elaborada por Monteiro (1976), constituiu um marco fundamental para os estudos modernos sobre o clima urbano, ao propor uma abordagem sistêmica que integra os elementos naturais e antrópicos na produção das dinâmicas climáticas das cidades. A partir dessa base conceitual, novas metodologias de análise foram desenvolvidas, incorporando o uso do sensoriamento remoto como ferramenta capaz de facilitar a observação, a extração e a interpretação de informações ambientais em escala espacial e temporal detalhada.

As cidades médias tornaram-se objetos de destaque nessas análises, pois apresentam dinâmicas territoriais específicas, distintas das grandes metrópoles, embora também influenciadas por elas. Diversos autores têm utilizado o sensoriamento remoto para compreender os padrões de Temperatura de Superfície Terrestre (TST) e suas relações com o clima urbano (Callejas et al., 2011; Amorim et al., 2009; Almeida et al., 2016; Amorim, 2019; Cândido; Pereira; Rodrigues, 2023; Teixeira; Miyakava, 2023; Teixeira, 2024), os quais compõem o referencial teórico desta pesquisa.

Nesse contexto, destaca-se o caso de Embu das Artes, município integrante da Região Metropolitana de São Paulo, que apresenta processos de conurbação com a capital paulista. Essa condição intensifica as trocas de energia e matéria entre o ambiente urbano e o natural, modificando o balanço de energia local e contribuindo para a formação de microclimas urbanos (Teixeira, 2024; IBGE, 2025).

Embora o município possua áreas de preservação, vegetação remanescente e características físicas próprias, a expansão urbana e as interações com a metrópole propiciam o surgimento de Ilhas de Calor Urbano (ICU), fenômeno atmosférico caracterizado pelo aquecimento do ar em função das modificações antrópicas, e também , mais especificamente, de Ilhas de Calor Urbano de Superfície (ICUS), que representam a expressão desse fenômeno

observada nas temperaturas da superfície terrestre, detectáveis por meio de sensores remotos (Teixeira, 2024; Callejas, 2011).

As ICUS configuram um importante problema socioambiental, pois intensificam o desconforto térmico, afetam a qualidade de vida urbana e impactam negativamente a saúde pública, sobretudo em áreas densamente urbanizadas e carentes de cobertura vegetal. Em contrapartida, as Ilhas de Frescor Urbano (IFU) ou Ilhas de Frescor Superficial (IFS) correspondem a zonas que apresentam temperaturas mais amenas, geralmente associadas à presença de vegetação, corpos d'água ou materiais de alto albedo, os quais favorecem a regulação térmica e contribuem para o conforto ambiental nas cidades (Amorim, 2019; Monteiro; Mendonça, 2003).

Diante do contexto de intensificação das ilhas de calor urbanas, esta pesquisa teve como objetivo identificar e mapear as Ilhas de Calor Urbano de Superfície (ICUS) no município de Embu das Artes (SP), durante um episódio específico de verão. Para isso, foi elaborada uma carta de Temperatura de Superfície Terrestre (TST), obtida por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

A análise da TST foi comparada aos padrões de uso e cobertura do solo, permitindo compreender a relação entre a configuração urbana e a distribuição térmica da superfície. Os resultados visam fornecer subsídios técnicos para o planejamento urbano, promovendo o sensoriamento remoto como uma ferramenta ágil e eficaz na identificação de ICUS.

METODOLOGIA

Adotou-se, como parte da metodologia deste trabalho, a revisão bibliográfica de diferentes autores que abordam o tema, permitindo o avanço da pesquisa a partir da incorporação de conceitos já discutidos e consolidados na literatura.

1. ÁREA DE ESTUDO

O município de Embu das Artes está localizado na latitude média - 23,6491 e longitude média -46,8526, no sudeste do Estado de São Paulo (Figura 1). Integrante da Região Metropolitana de São Paulo, o município apresenta conurbação com a capital paulista. Possui uma área de 70,398 km² e 259.788 habitantes (IBGE, 2025). O clima regional é classificado como tipo “C” (Köppen), subtropical; contudo, devido à presença da floresta de Mata Atlântica e à altitude média de 776 metros, Embu das Artes apresenta características de clima subtropical de altitude, com temperaturas mais amenas (Embu das Artes, [s.d.]).

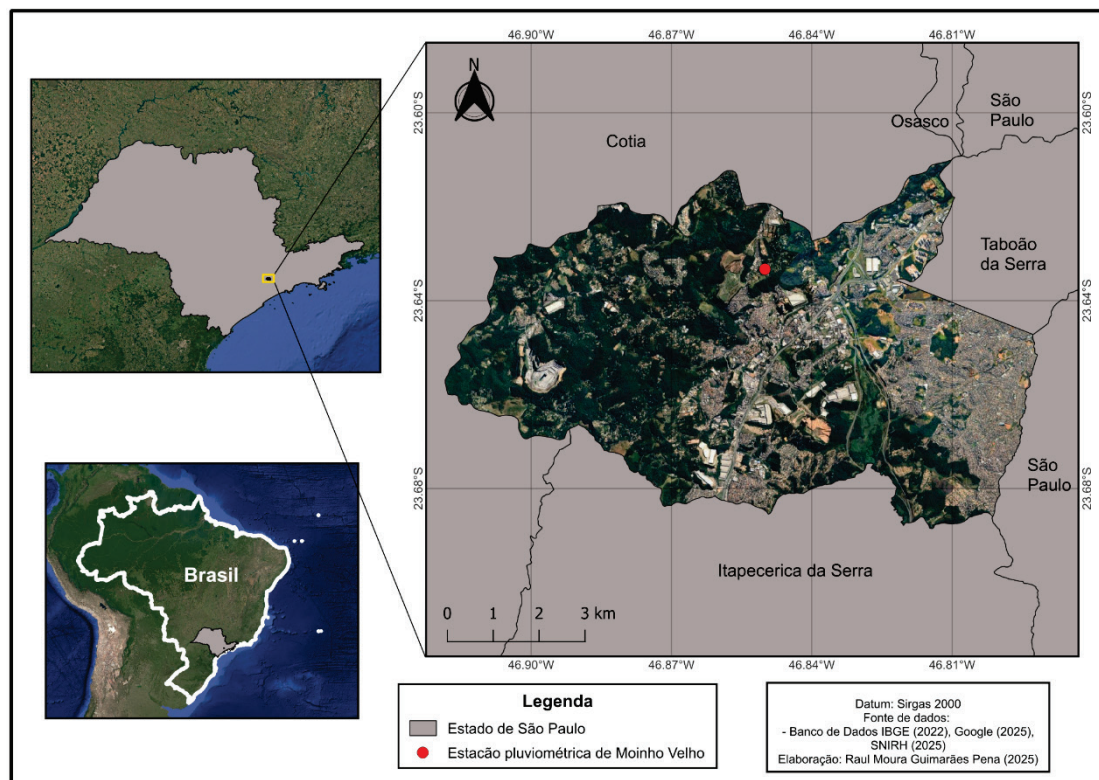


Figura 1 - Mapa de localização de Embu das Artes (SP) e da estação pluviométrica de Moinho Velho.

Fonte: Os autores, 2025.

2. PADRÕES PLUVIOMÉTRICOS

Para conhecimento do padrão pluviométrico de Embu das Artes (SP), foi necessária a construção de um gráfico com as médias mensais das precipitações para o período de 1948 a 2018. Informações que fundamentaram a escolha da data para a obtenção da imagem termal do satélite Landsat 8. A pluviosidade interfere

diretamente na umidade e, quanto maior ela for, melhor se diferencia o rural do urbano, evidenciando assim as ICUS (Teixeira; Miyakava, 2023).

Por sua vez, valores mais elevados de umidade interferem na disponibilidade de imagens livres de cobertura de nuvens, uma vez que os meses mais chuvosos tendem a apresentar maior nebulosidade e, consequentemente, dificultam a extração de informações relevantes para o estudo (Callejas, 2011).

Os dados utilizados para a construção do gráfico foram obtidos na plataforma do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) no “Portal hidroweb”, em que foi realizado o download e a criação do gráfico por meio do software EXCEL dos dados pluviométricos da estação Moinho Velho (tabela 1) que dispõe de uma série histórica correspondente ao período de 1948 até o ano de 2018, possibilitando a visualização das médias pluviométricas mensais de Embu das Artes. A operadora é responsável pela estação é o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE-SP).

Nome da Estação	Entidade	Código da Estação	Latitude	Longitude	Altitude
Moinho Velho	DAEE-SP	02346326	-23,6333	-46,85	770,00 metros

Tabela 1 - Informações da estação pluviométrica utilizada no estudo.

Fonte: Os autores, 2025.

3. DENSIDADE DEMOGRÁFICA

Foi elaborado um mapa de densidade demográfica do município com o objetivo de compreender as dinâmicas populacionais e identificar as áreas de maior concentração de habitantes, enriquecendo, assim, as discussões acerca da escala populacional afetada pelas ICUS.

Para a elaboração desse mapa, utilizou-se uma tabela disponibilizada pelo SIDRA IBGE, cujos dados foram posteriormente integrados aos setores censitários no software QGIS, em que se fez o cálculo pessoas por setor/km²,

resultando assim em mapa de densidade populacional de Embu das Artes. A classificação foi realizada pelo método estatístico de quartis, a fim de aprimorar a visualização e a interpretação dos resultados, considerando a existência de setores com valores muito elevados e outros com valores mínimos, o que geraria uma grande amplitude.

4. MAPA DE TEMPERATURA SUPERFICIAL TERRESTRE E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Com base na metodologia proposta por Cândido, Pereira e Rodrigues (2023), procedeu-se à geração da carta de Temperatura da Superfície Terrestre (TST) a partir de uma imagem do satélite Landsat 8, obtida em 06 de fevereiro de 2025, livre de cobertura de nuvens. Utilizou-se a banda 10 (nível 2) do canal termal infravermelho (TIRS 1), com resolução espectral de 10,6–11,19 μm e resolução espacial de 100 metros, mas disponibilizada e tratada pela *United States Geological Survey* (USGS) com pixel de 30m.

Para a análise visual, foi gerada uma composição colorida em cor verdadeira, a partir das bandas 4 (vermelho), 3 (verde) e 2 (azul), posteriormente fundida à banda pancromática (banda 8), o que permitiu aumentar a resolução espacial para 15 metros. Esse produto foi fundamental para a identificação das feições de uso e ocupação do solo.

Após a aquisição, o processamento foi realizado no Sistema de Informação Geográfica QGIS, incluindo o tratamento dos dados para o Datum SIRGAS 2000, com projeção cartográfica UTM Zona 23S.

Com a utilização da calculadora raster do QGIS, a banda 10 inicialmente em Números Digitais (DN), foi convertida para valores de temperatura em Kelvin por meio da aplicação da seguinte fórmula (EROS, 2020).

$$ImgK = Qcal * MSF + AO$$

Destaca-se que o MSF (Multiplicative scale factor) e AO (Additive offset) são referentes aos valores fixos do fator de escala e deslocamento da banda 10 respectivamente e o Qcal se refere ao número digital (DN) que a imagem raster representa. Em seguida foi elaborado o cálculo de conversão dos valores Kelvin da imagem para Celsius a partir da subtração da imagem raster gerada do último cálculo (ImgK) pelo valor fixo de conversão para celsius que é 273.15, utilizando a seguinte equação.

$$^{\circ}\text{C} = \text{ImgK} - 273.15$$

A imagem gerada representa com precisão a TST do município, permitindo configurar matrizes e simbologias. A Figura 2 apresenta um fluxograma que resume os processos metodológicos. Pontos vetoriais foram selecionados com base nas maiores e menores TSTs, destacando as ICUS e IFS.

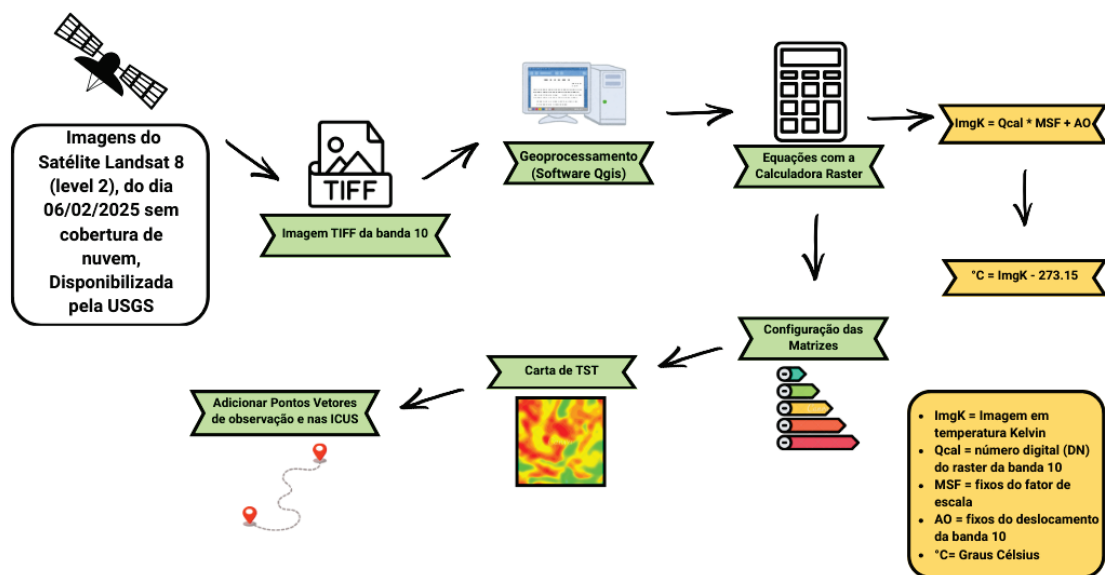


Figura 2 - Fluxograma da metodologia utilizada para a confecção da carta de Temperatura de Superfície.

Fonte: Os autores, 2025.

A escolha do período de verão (estação úmida) justifica-se pela maior diferenciação térmica observada nessa estação em comparação ao inverno. Isso

ocorre porque, nessa época, a vegetação encontra-se mais exuberante, realizando de forma mais intensa o processo de evapotranspiração, que libera vapor d'água na atmosfera e consome parte da energia solar recebida, reduzindo o aquecimento do ar e da superfície ao redor, diferenciando-se assim do ambiente urbano. Dessa forma, as variações de TST tornam-se mais evidentes, facilitando a identificação das ICUS (Amorim, 2019; Teixeira; Miyakava, 2023).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As cidades médias têm sido objeto de ampla discussão na geografia urbana brasileira, sendo compreendidas não apenas a partir de critérios demográficos, mas também funcionais e territoriais. Corrêa (1997) define-as como centros urbanos intermediários, responsáveis por articular fluxos econômicos, logísticos e informacionais entre pequenas cidades e as metrópoles. Para Sposito (2001), a importância dessas cidades reside em sua capacidade de exercer funções diversificadas e de concentrar serviços especializados, configurando-se como espaços de mediação e reestruturação territorial.

Embu das Artes integra a Região Metropolitana de São Paulo e apresenta características de uma cidade média metropolitana (Lencioni, 2008), fortemente influenciada pela capital, mas com dinâmicas próprias e crescente autonomia funcional. Esse perfil é evidenciado pela tradicional feira de artes e artesanato e pelo comércio voltado ao turismo, com bares e restaurantes que impulsionam o setor de serviços e o turismo cultural. De acordo com Staback e Ferrera de Lima (2023), cidades médias brasileiras, como Embu das Artes, com cerca de 250 mil habitantes (IBGE, 2025), exercem papel estratégico na rede urbana, articulando funções econômicas e logísticas e consolidando-se como polos regionais de diversificação produtiva e cultural.

O município destaca-se como um polo logístico em expansão, impulsionado pelo deslocamento de empresas e indústrias da capital para municípios periféricos em busca de menores custos e maior eficiência operacional. Esse processo pode ser interpretado à luz da abordagem de Santos

(1994), que compreende o território como um espaço moldado por infraestrutura, técnica e informação, sendo constantemente reorganizado pelas exigências de ordem econômica, como a busca por maior eficiência, redução de custos e competitividade.

A localização estratégica de Embu das Artes está diretamente atrelada à sua proximidade com a capital paulista, ligadas por vias extremamente importantes como a rodovia Régis Bittencourt e o Rodoanel Mário Covas, além de ficar em média 103 km do porto de Santos, tornando o município uma centralidade funcional, conforme discutido por Corrêa (1997), no contexto da rede urbana e da hierarquia de centros. O fácil acesso a essas vias permite uma logística eficiente de distribuição e escoamento da produção, reduzindo tempo e custos de transporte, o que é essencial para as dinâmicas de circulação de mercadorias, essas que fazem parte de uma economia globalizada.

Embu das Artes se destaca por sua ampla área verde preservada, especialmente na região oeste do município, associada às áreas de proteção ambiental (APA), produção agrícola e a condomínios de alto padrão. Essa área também abriga remanescentes da Mata Atlântica. Já a zona leste do município concentra a maior parte da população, com maior densidade urbana, em especial nas áreas próximas à zona sul da capital paulista (Embu das Artes, 2009).

O desenvolvimento dessas atividades interfere diretamente no subsistema do conforto térmico, componente dos canais de percepção humana do clima urbano propostos por Monteiro (1976). O autor destaca que o canal termodinâmico está relacionado ao conforto térmico, o físico-químico envolve a qualidade do ar e o hidrometeorológico se caracteriza pelos impactos dos fenômenos atmosféricos (Monteiro; Mendonça, 2003). Ainda de acordo com os autores: “O agrupamento ordenador dessa produção é sugerido como devendo ser feito através de canais de percepção humana, já que o homem deve constituir sempre o referencial dos problemas e valores dos fatos geográficos” (Monteiro; Mendonça, 2003, p. 24).

Os canais de percepção humana é que dão sentido ao estudo do Sistema de Clima Urbano (SCU), no qual uma das manifestações ou níveis de resolução é o termodinâmico que se refere às ilhas de calor urbana (ICU), fenômeno resultante das interações entre os fatores naturais e antrópicos atrelados aos processos de urbanização (Monteiro; Mendonça, 2003). A urbanização promove a diversificação da concentração de energia, registrada pelo aumento das temperaturas em determinados pontos da cidade, desencadeando o fenômeno das ICU (Amorim, 2019; Callejas et al., 2011; Monteiro; Mendonça, 2003).

Esse processo ocorre, sobretudo, em áreas com menor presença de árvores e cobertura vegetal, onde as superfícies construídas, como concreto e asfalto, apresentam menor albedo e maior capacidade térmica do que áreas vegetadas. Dessa forma, áreas com pouca vegetação absorvem mais radiação solar e armazenam maior quantidade de calor, resultando em TST mais elevadas ao longo do dia (Amorim, 2019). Em contrapartida, estudos como o de Souza et al. (2018) demonstraram uma redução média de 4,96 °C na temperatura interna de edificações com telhado verde, evidenciando o potencial de soluções baseadas na natureza para mitigar o calor urbano.

Pesquisas recentes em Embu das Artes reforçam essa relação entre cobertura vegetal e regulação térmica, mostrando que áreas com maiores valores de índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) apresentam temperaturas mais amenas, enquanto zonas densamente urbanizadas concentram as maiores TSTs (Teixeira; Miyakava, 2023; Teixeira, 2024). De forma semelhante, Cândido, Pereira e Rodrigues (2023) aplicaram metodologia baseada em imagens Landsat para identificar áreas de calor, comparando mapas de TST com composições RGB, destacando a forte correspondência entre uso do solo e distribuição térmica.

Esses contrastes térmicos e ICU podem gerar diversos impactos negativos na saúde pública, seja pela piora da qualidade do ar, seja pela intensificação do desconforto térmico, implicando também no aumento do

consumo de energia e na redução da qualidade de vida urbana (Monteiro; Mendonça, 2003).

Amorim (2019) define as ICU's da seguinte maneira:

As ilhas de calor atmosféricas são, portanto, definidas como bolsões de ar quente registrados nos ambientes urbanos decorrentes da capacidade diferenciada dos materiais encontrados na superfície de armazenar e refletir a energia solar e da produção do calor antropogênico. Resultam das diferenças no balanço de energia entre a área urbana e rural, além das diferenças existentes no interior da própria cidade (Amorim, 2019, p. 25).

Segundo Callejas (2011, p. 209), “Os principais parâmetros nas análises de ICU são temperatura e umidade do ar, enquanto na ICUS é a temperatura superficial”, que a primeira é detectada por meio da utilização de equipamentos com sensores meteorológicos, enquanto a segunda (ICUS) é observada com a aplicação das técnicas de sensoriamento remoto considerando os dados da emissividade de cada objeto da superfície.

Segundo Amorim (2009):

Acima de tudo, é importante lembrar que as imagens por satélite são úteis para estimar a temperatura da superfície, dependendo do tipo de uso e ocupação do solo. Trata-se apenas indiretamente da temperatura do ar ligada às medidas em abrigos por meio do balanço da energia local. No entanto, imagens de satélite podem ajudar a compreender a distribuição das fontes de calor dentro de uma área urbana que levam à formação de ICU (Amorim, 2009, p. 12 e 13).

Dessa forma, o sensoriamento remoto consolida-se como ferramenta precisa e eficaz para identificar contrastes térmicos associados ao uso e ocupação do solo, como demonstram diversos estudos (Callejas et al., 2011; Amorim, 2009; Amorim, 2019; Cândido; Pereira; Rodrigues, 2023; Teixeira; Miyakava, 2023; Teixeira, 2024).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1. PADRÕES PLUVIOMÉTRICOS

No gráfico 1 observa-se que o verão concentra os maiores valores de precipitação em Embu das Artes, caracterizando-se como uma estação úmida. Os

valores médios de chuva nos meses de verão são: dezembro com 172 mm, janeiro com 215 mm, fevereiro com 202 mm e março com 177 mm. Em contraste, o inverno apresenta as menores médias mensais de pluviosidade, sendo considerado uma estação seca. Os meses de junho, julho e agosto registram médias de 51 mm e 43 mm, respectivamente.

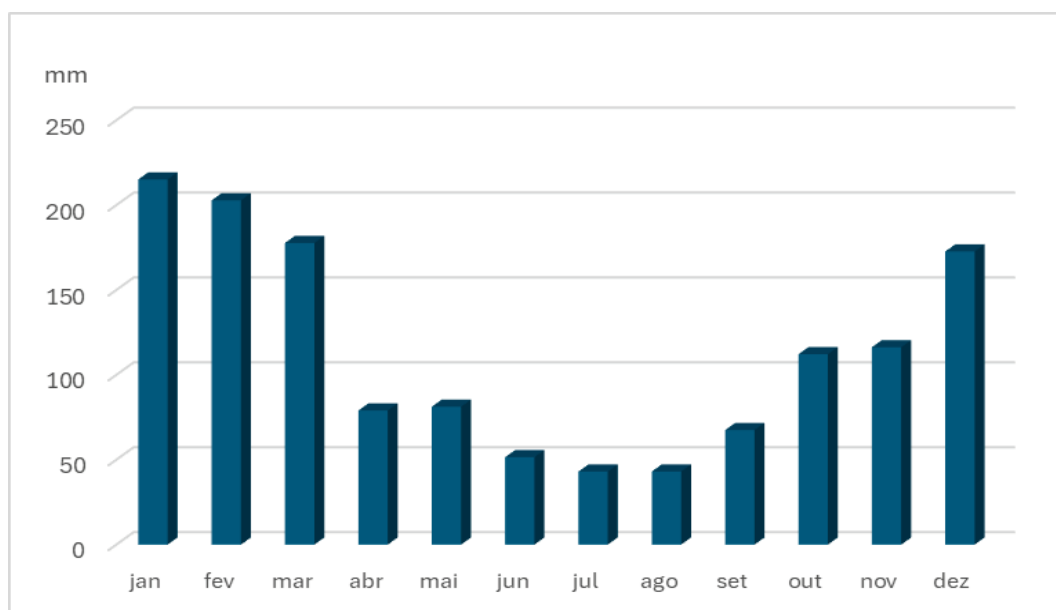


Gráfico 1 - Médias Mensais das precipitações no período de 1948 a 2018 na estação pluviométrica de Moinho Velho.

Fonte: Os autores, com dados do DAEE-SP, 2025.

O gráfico 1 permite compreender a dinâmica climática local, assim, o regime pluviométrico contribui para a compreensão dos resultados térmicos, reforçando a escolha do verão como recorte temporal de análise.

2. MAPA DE DENSIDADE DEMOGRÁFICA

Como resultado do mapa de densidade demográfica (Figura 3), observa-se que, quanto mais próximo o setor está da cidade de São Paulo, maiores são os valores de concentração populacional. Essa configuração espacial evidencia que a maior parte da população de Embu das Artes se encontra nas porções leste e sudeste do município, áreas de conurbação direta com a capital paulista. Esse padrão reforça a territorialização descrita pela Prefeitura Municipal (2009) e reflete o processo de metropolização e reestruturação urbana discutido por

Lencioni (2008), em que cidades médias localizadas no entorno das metrópoles passam a desempenhar funções complementares, mas fortemente dependentes, da centralidade metropolitana.

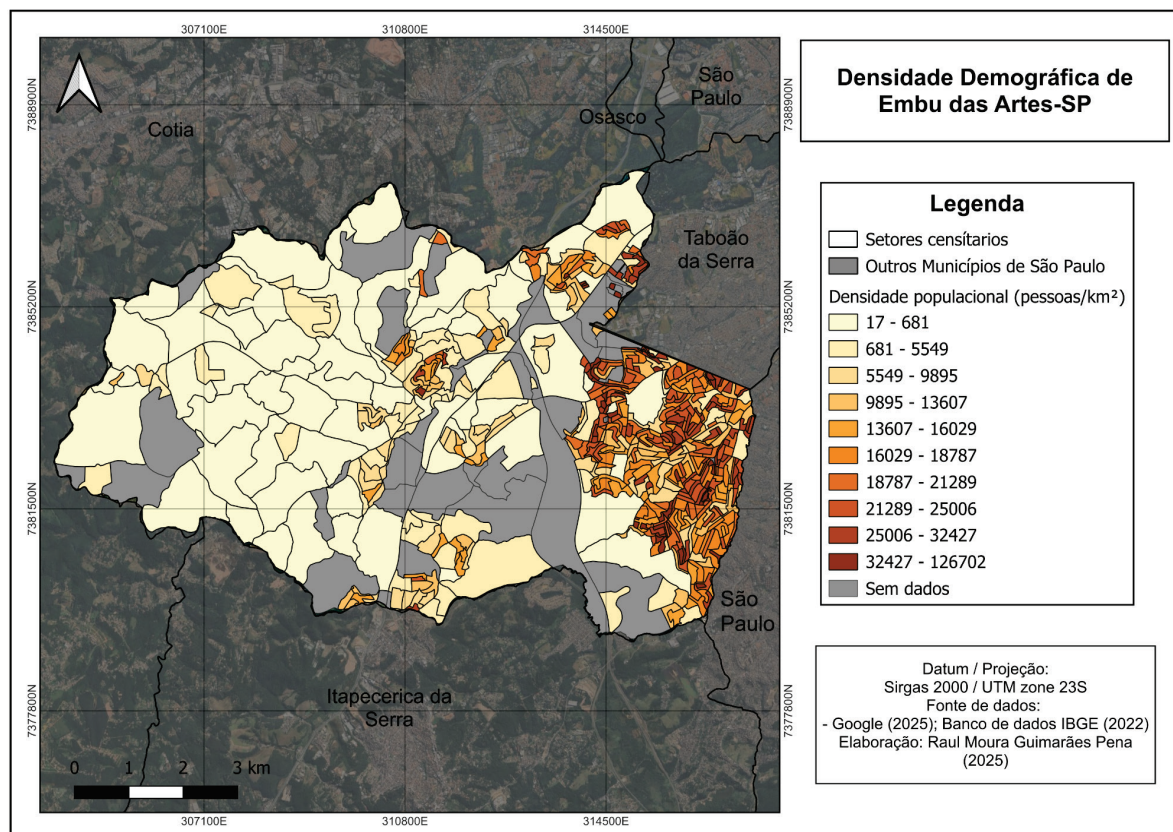


Figura 3 - Densidade demográfica de Embu das Artes-SP.

Fonte: Os autores, 2025.

No mapa, há setores representados na cor cinza, identificados como “sem dados”. Contudo, com o auxílio das imagens de satélite sobrepostas à camada de densidade demográfica, foi possível compreender que essas áreas correspondem, na realidade, a setores predominantemente comerciais, industriais, áreas de mata ou parques, ou seja, regiões que, de fato, não apresentam habitação.

3. TEMPERATURA SUPERFICIAL TERRESTRE X USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A análise do mapa de TST (Figura 4) e a tabela 2 evidencia contrastes térmicos significativos entre as diferentes regiões do município. Verificou-se uma

amplitude de 27,8 °C entre o ponto de maior TST (45,9 °C) e o de menor (18,1 °C), observada em uma distância de apenas 6,87 km.

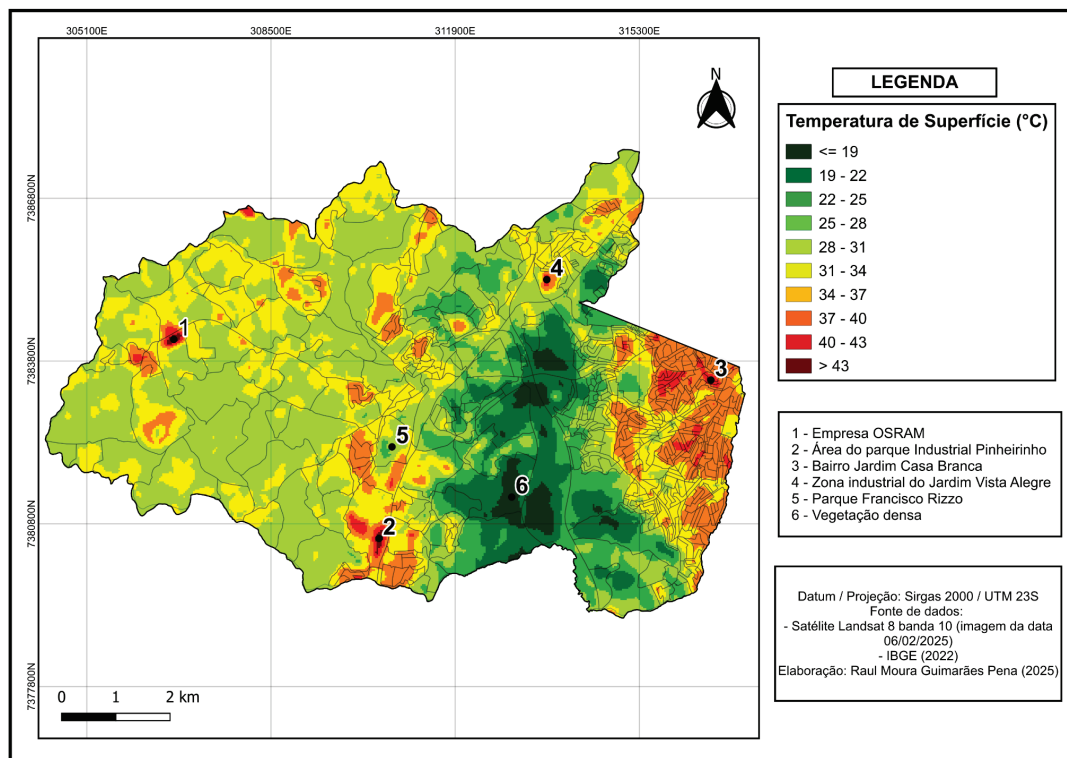


Figura 4 - Mapa de temperatura superficial terrestre (°C) do Município de Embu das Artes-SP

Fonte: Os autores, 2025.

Essa variação reflete as diferenças nos mosaicos de uso e cobertura do solo, indicando o papel da urbanização na modificação das condições microclimáticas locais. Também se verifica que a região leste do município apresenta maior quantidade de áreas com TST elevadas com uma média de 38,3°C, o que pode ser relacionado ao mapa de densidade demográfica (figura 3), já que este indica um maior adensamento nessa área, sendo justificado a alta conurbação que ali ocorre junto ao sul da capital paulista.

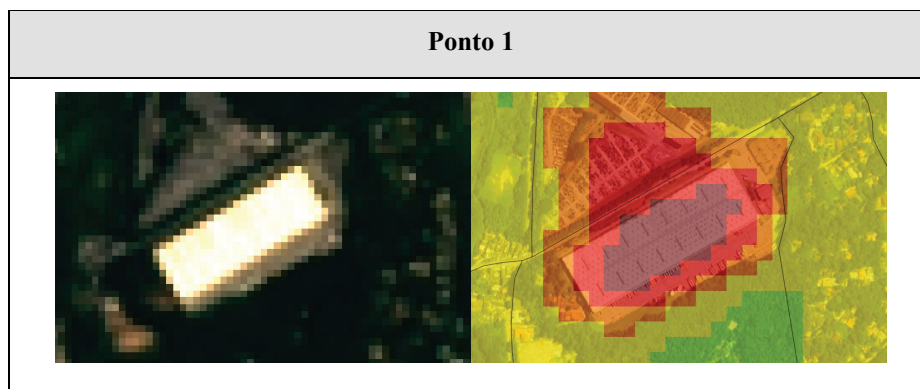
Pontos	Local	TST °C	Altitude
1	Indústria OSRAM	45,9 °C	839,2 m
2	Área do parque Industrial Pinheirinho	44,8 °C	777,6 m
3	Bairro Jardim Casa Branca	40,1 °C	785,6 m
4	Zona industrial do Jardim Vista Alegre	40,3 °C	811,2 m
5	Parque Francisco Rizzo (parque urbano)	27,8 °C	772,2 m
6	Vegetação densa	18,1 °C	798, 6 m

Tabela 2 - valores das TST's e altitudes dos pontos observados.

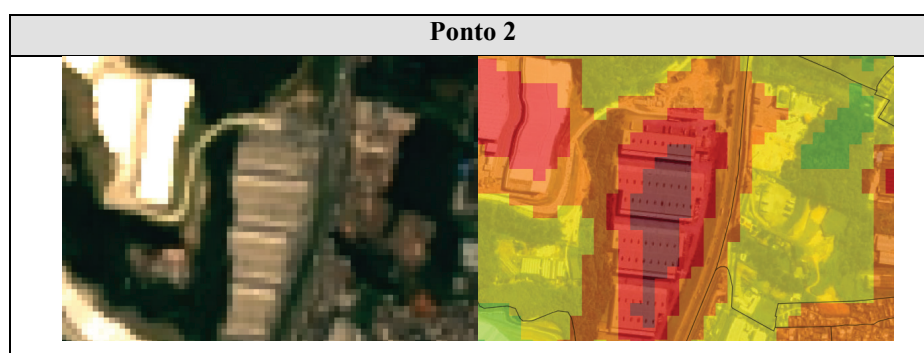
Fonte: Os autores (2025).

No mapa de TST (figura 4) foram destacados seis pontos de análise, dos quais quatro correspondem a áreas de ICUS e dois representam Ilhas de Frescor Superficial (IFS). Os pontos mais quentes (quadro 1 e 2), localizados em áreas industriais como a da OSRAM e o Parque Industrial Pinheirinho, registraram temperaturas de 45,9°C e 44,8°C respectivamente. Esses valores estão associados à alta impermeabilização, à ausência de cobertura vegetal e ao uso predominante de materiais com baixo albedo (asfalto, telhas metálicas e concreto), que, por sua vez, contribuem significativamente para o armazenamento e a reemissão de calor.

No Quadro 3, observa-se o bairro Jardim Casa Branca, localizado em área de conurbação com a zona sul da capital paulista, que apresentou TST de 40,1 °C. Essa região caracteriza-se pela alta densidade urbana, com predominância de ruas estreitas e escassez de áreas permeáveis. O baixo planejamento urbano e a reduzida presença de vegetação contribuem para o acúmulo de calor e a formação de ICUS, evidenciando como a expansão desordenada e a substituição de áreas verdes por superfícies impermeáveis intensificam as temperaturas locais.



Quadro 1 - Características de uso e ocupação do solo junto com TST do ponto 1.
Fonte: Os autores (2025).



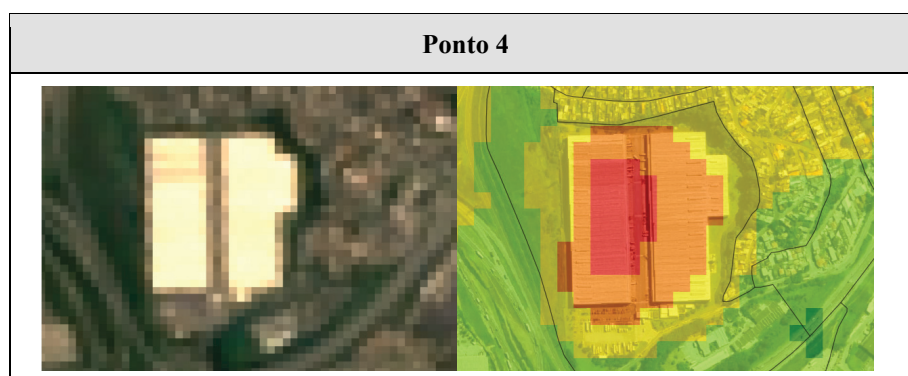
Quadro 2 - Características de uso e ocupação do solo junto com TST do ponto 2.
Fonte: Os autores, 2025.



Quadro 3 - Características de uso e ocupação do solo junto com TST do ponto 3.
Fonte: Os autores (2025).

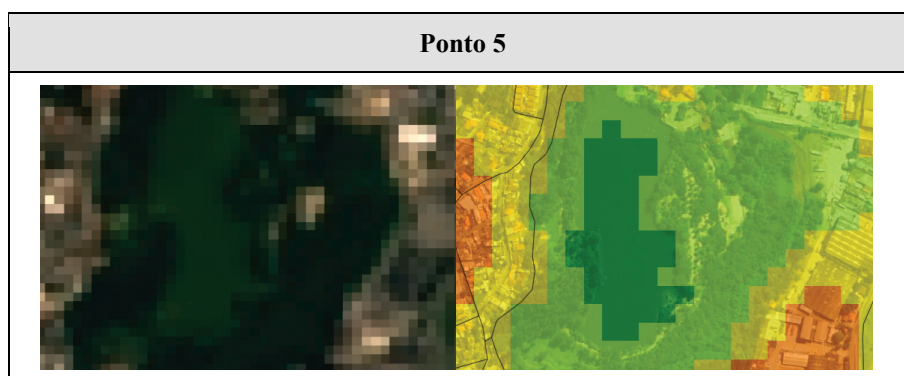
O Quadro 4 evidencia a zona industrial ao norte do município, onde a TST atinge 40,3 °C, configurando um dos principais núcleos de calor de Embu das Artes. No entanto, o entorno da indústria as temperaturas tornam-se mais

amenas, chegando a 26,8 °C, reflexo da presença de vegetação e menor adensamento urbano.



Quadro 4 - Características de uso e ocupação do solo junto com TST do ponto 4.
Fonte: Os autores, 2025.

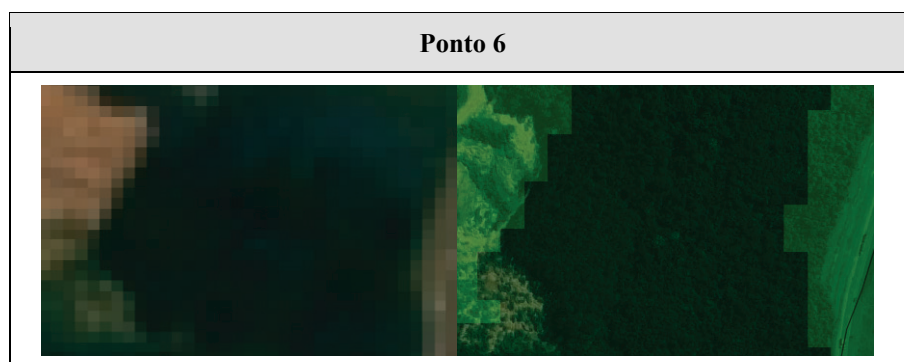
O quadro 5 apresenta o parque Francisco Rizzo com a TST de 27,8 °C, ou seja, um parque urbano localizado na região central do município que, em virtude da presença do lago e da vegetação registrou TST's mais amenas do que os demais pontos analisados, evidenciando sua importância no conforto térmico na área urbana, sendo este uma IFS, que por sua vez, se tem troca termal direta com o entorno urbanizado.



Quadro 5 - Características de uso e ocupação do solo junto com TST do ponto 5.
Fonte: Os autores (2025).

O ponto 6 (Quadro 6) está localizado em uma área de densa vegetação, caracterizando-se como uma IFS e apresentando a menor TST entre os pontos analisados, com 18,1 °C. Esse resultado reforça a correlação entre a cobertura vegetal e a redução das temperaturas superficiais, conforme demonstrado por Teixeira e Miyakava (2023) e Teixeira (2024), em estudo realizado no próprio

município de Embu das Artes, no qual áreas com altos valores de vegetação apresentaram temperaturas significativamente mais amenas. Esse comportamento térmico decorre da capacidade da vegetação de promover sombreamento, evapotranspiração e maior refletância solar, mecanismos que contribuem para a dissipação do calor acumulado.



Quadro 6: Características de uso e ocupação do solo junto com TST do ponto 6.
Fonte: Os autores, 2025.

Com a análise dos pontos, nota-se que a impermeabilização do solo nas áreas urbanas e industriais reduz a evapotranspiração e, associada ao baixo albedo dessas superfícies, intensifica o contraste térmico em relação às áreas vizinhas, favorecendo a formação das ICUS assim como Amorim et al. (2009), Amorim (2019), aponta em suas pesquisas. Às zonas mais quentes concentram atividades industriais e residenciais densas, enquanto as mais amenas correspondem a áreas vegetadas e com corpos d'água, que atuam na regulação térmica local. Essas variações evidenciam a relação entre uso do solo e TST, conforme discutido por Monteiro e Mendonça (2003) no Sistema Clima Urbano (SCU).

Áreas como o ponto 5 e o 6 indicam IFS e a ampliação desses locais é fundamental para o planejamento urbano voltado e a estratégias para o conforto térmico, assim como foi discutido por Monteiro e Mendonça (2003) e Amorim (2019).

Contextos de ampliação da arborização urbana, parques urbanos e adoção de técnicas de ecotelhados podem surgir como uma alternativa viável de

mitigação térmica das ICUS. Estudo realizado por Souza et al. (2018) demonstra que as coberturas verdes em telhados podem reduzir a temperatura interna e externa dos ambientes em comparação aos telhados convencionais, mantendo a umidade relativa do ar em faixas de conforto por mais tempo.

Desse modo, a adoção de estratégias como essas em cidades de maior densidade construtiva poderia minimizar os efeitos das ICUS, promovendo um ambiente urbano mais equilibrado e sustentável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de TST em um episódio de verão no município de Embu das Artes evidenciou a existência de ICUS, especialmente em áreas industriais, com alta densidade urbana e com ausência de vegetação, mostrando uma forte correlação entre o uso e ocupação do solo e a TST. Em contrapartida, áreas com vegetação densa e corpos d'água apresentaram TST's significativamente mais amenas, funcionando como IFS. Esses resultados reforçam a importância das áreas verdes e da vegetação urbana para regulação térmica, além de demonstrarem o papel essencial desses espaços para o conforto térmico e para a qualidade ambiental da cidade.

O sensoriamento remoto mostrou-se uma ferramenta eficiente para identificar variações térmicas superficiais e mapear ICUS em municípios de médio porte. No qual foi possível identificar precisamente os pontos mais críticos, auxiliando na construção de diagnósticos úteis e rápidos para o planejamento urbano.

Diante dos resultados, destaca-se a necessidade de políticas públicas voltadas ao planejamento urbano das cidades médias metropolitanas, com foco na mitigação das ICUS. Essas ações devem priorizar a ampliação das áreas verdes urbanas e o uso de materiais de construção que promovam o conforto térmico e sejam ambientalmente mais eficientes, podendo incluir, por exemplo, a adoção de técnicas sustentáveis como os telhados vivos ou ecotelhados.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece, em especial, à professora Deise Fabiane Ely, pela orientação metodológica e pela contribuição teórica essencial para a realização deste trabalho. Estende, ainda, seus agradecimentos ao Departamento de Geografia e ao Programa de Educação Tutorial (PET) de Geografia da Universidade Estadual de Londrina (UEL), com apoio do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

REFERÊNCIAS

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. *Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise*. Presidente Prudente: UNESP, 2019.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; DUBREUIL, Valéry; QUENOL, Hervé; SANT'ANNA, João Lúcio. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 7, p. 1-16, 2009.

CALLEJAS, Ivan Julio Apolonio et al. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana: relação entre uso e cobertura do solo e temperatura da superfície em áreas urbanas. *Mercator*, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 207-223, dez. 2011. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/579>. Acesso em: 11 mar. 2025.

CÂNDIDO, R. G.; PEREIRA, A. C. de F.; RODRIGUES, L. O. O uso de imagens termais do satélite Landsat-8 para investigação de ilhas de calor no perímetro urbano da cidade de Londrina (PR). In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 20., 2023, Florianópolis. *Anais [...]*. Florianópolis: INPE, 2023. p. 1953-1956. Disponível em: <https://proceedings.science/p/164565?lang=pt-br>. Acesso em: 10 mar. 2025.

CENTRO DE OBSERVAÇÃO E CIÊNCIA DOS RECURSOS TERRESTRES (EROS). *Imageador Operacional Landsat 8-9 / Sensor Infravermelho Térmico Nível 2, Coleção 2* [conjunto de dados]. Serviço Geológico dos EUA, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5066/P9OGBGM6>.

CORRÊA, Roberto Lobato. *O espaço urbano*. São Paulo: Ática, 1997.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Embu das Artes (SP) | Cidades e Estados*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/embu-das-artes.html>. Acesso em: 6 out. 2025.

LENCIONI, Sandra. Metropolização e reestruturação urbana: o novo papel das cidades médias no estado de São Paulo. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão (org.). *Cidades médias: espaços em transição*. São Paulo: Contexto, 2008. p. 73–92.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *Teoria do clima urbano*. São Paulo: Editora USP, 1976.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco. *Clima urbano*. São Paulo: Contexto, 2003.

PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE EMBU DAS ARTES. *Cidade de Embu das Artes tem nova territorialização*. Embu das Artes: Prefeitura, [2009]. Disponível em: <https://cidadeembudasartes.sp.gov.br/cidade-de-embu-das-artes-tem-nova-territorializacao/>. Acesso em: 5 maio 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE EMBU DAS ARTES. *Aspectos geográficos*. [S. d.]. Disponível em: <https://cidadeembudasartes.sp.gov.br/aspectos-geograficos/>. Acesso em: 1 mar. 2025.

SANTOS, Milton. *O espaço dividido: os dois circuitos da economia urbana nos países subdesenvolvidos*. São Paulo: Edusp, 1994.

SOUZA, Cássia Rafaela Brum; SOUZA, Samuel Nelson Melegari de; SECCO, Deonir; SIQUEIRA, Jair Antônio Cruz; LENZ, Anderson Miguel. Green roofs and their contribution for the reduction of room temperature in buildings in Cascavel-State Paraná. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 40, e35267, 2018. DOI: 10.4025/actascitechnol.v40i1.35267.

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. Cidades médias: o que são e o que revelam. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão (org.). *Cidades médias: espaços em transição*. São Paulo: Contexto, 2001. p. 7–30.

STABACK, D. F.; FERRERA DE LIMA, J. Cidades médias brasileiras e sua convergência de crescimento e desenvolvimento socioeconômico. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 15, e20220054, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20220054>. Acesso em: 6 out. 2025.

TEIXEIRA, Monique Cocco; MIYAKAVA, William. Ilhas de calor de superfície no período seco e chuvoso em Embu das Artes (SP). In: ENANPEGE – ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA, 15., 2023. *Anais [...]*. São Paulo: Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2023.

TEIXEIRA, Monique Cocco. *Ilhas de calor em Embu das Artes (SP)*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2024.



**Geotecnologias e
Monitoramento Territorial:
entre o clima, a água e o
uso do solo**