

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

JÉSSICA MARCONDES DE MEDEIROS

ANÁLISE DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE EM CURIÚVA-PR
NO PERÍODO ENTRE ABRIL DE 2013 E ABRIL DE 2022

PONTA GROSSA

2023

JÉSSICA MARCONDES DE MEDEIROS

ANÁLISE DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE EM CURIÚVA-PR
NO PERÍODO ENTRE ABRIL DE 2013 E ABRIL DE 2022

Trabalho de conclusão de curso apresentado para obtenção do título de Licenciada em Geografia na Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof.º Dr. Gilson Campos Ferreira da Cruz.

PONTA GROSSA

2023

FOLHA DE APROVAÇÃO
ATA DE DEFESA

Aos 9 dias do mês de março de dois mil e vinte e três, na sala virtual do *google meet*, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos(as) professores(as): Dr. Gilson Campos Ferreira da Cruz (Presidente-Orientadora), Dr. Ricardo Letenski (membro) e Dra. Karin Linete Hornes (membro) para a análise do trabalho de Conclusão de Curso sob o Título “Análise da temperatura de superfície terrestre em Curiúva-PR no período entre abril de 2013 e abril de 2022.”, elaborado por Jéssica Marcondes de Medeiros concluinte do Curso de Licenciatura em Geografia. Aberta a sessão, a autora teve vinte minutos para a apresentação do seu trabalho, sendo, posteriormente, arguida pelos integrantes da Banca. Após o procedimento da avaliação, chegou-se aos seguintes resultados:

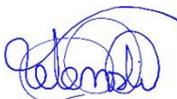
O trabalho foi considerado APROVADO

Nada mais havendo a tratar, encerrou-se a presente sessão, da qual lavrou-se a presente ata que vai assinada por todos os membros da Banca Examinadora.

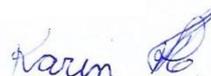
1) Presidente: Dr. Gilson Campos Ferreira da Cruz:



2) Membro 1: Dr. Ricardo Letenski:



3) Membro 2: Dra. Karin Linete Hornes:



Ponta Grossa, 9 de março de 2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO ÉTICO

Eu, Jéssica Marcondes de Medeiros, R.A. 19006602, R.G. 106062609, asseguro que este Trabalho de Conclusão de Curso foi por mim elaborado e, portanto, responsabilizo-me pelo texto escrito que apresenta os resultados de minha pesquisa científica.

Atesto que todo e qualquer texto, que não seja de minha autoria, transcrito em sua íntegra ou parafraseado de outros documentos, estejam eles publicados ou não, estão devidamente referenciados conforme reza a boa conduta ética, o respeito aos direitos autorais e à propriedade intelectual.

Tenho conhecimento de que os textos transcritos na íntegra de outras fontes devem apontar a autoria, o ano da obra, a página de onde foi extraído e ainda apresentar a marcação de tal transcrição, conforme as regras da ABNT. No caso de paráfrase, o trecho deve vir com a referência de autoria e ano da obra utilizada.

Além disso, declaro ter sido informado pelos responsáveis do Curso de Licenciatura em Geografia das leis que regulam os direitos autorais e das penalidades a serem aplicadas em caso de infração, conforme constam na Lei 10.695 de julho de 2003.

Sendo assim, declaro que estou ciente de que, caso infrinja as disposições que constam na Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998, serei responsabilizado juridicamente pelos meus atos e terei que arcar com qualquer prejuízo moral e financeiro deles decorrentes.

Jéssica Marcondes de Medeiros

Ponta Grossa, 28 de fevereiro de 2023.

AGRADECIMENTOS

À Deus, o Senhor.

Ao Prof. Dr. Gilson Cruz por me edificar na vida e pelo zelo na orientação.

À minha amada avó Maria Francisca e meus pais Ivo e Evanira, pelo apoio.

À PRAE UEPG cujos cuidados me fez enxergá-la como uma grande mãe.

Também aos amigos colaboradores da UEPG, especialmente ao Sr. Jorge, Estela e Geraldo. Agradeço também aos queridos colaboradores do R.U. Campus, sempre caprichosos em seus serviços.

À equipe LABCLIMEAM (Laboratório de Climatologia e Estudos Ambientais), sob a coordenação do Professor Gilson Cruz, pela companhia e conhecimentos compartilhados. Principalmente ao Kauan por estar sempre presente, ao Luiz Tiago pela integração nas atividades e à Aline pelo incentivo.

À comissão da XVIII Semana de Geografia UEPG, por me proporcionar a experiência na apresentação deste tema. E ao Prof. Letenski pelos conhecimentos compartilhados.

Aos amigos de Curiúva-PR, Jorge e Luis Felipe da Prefeitura, pela parceria durante a pesquisa. Ao incentivo dos amigos Sandro, Andriele, Sr. Amarildo, Tiago Rafael, Daiane, Bruna, Luciane e Pâmela.

A todas as referências citadas ao final deste trabalho, cujas informações foram enriquecedoras no meu aprendizado e importantes na pesquisa.

Aos docentes que fizeram parte desta minha jornada de formação. Aos professores do Departamento de Geociências, especialmente ao Paulo Moro e Carla Pimentel, de corações sábios, que me acalentaram com seus conselhos. À professora Marli, do Departamento de Estudos da Linguagem, junto a qual muito objetiva e didática foi bom passar as tardes da quarentena aprendendo sobre o Funcionamento da Educação Básica. Aos professores de estágio, que abriram as portas e me receberam em suas turmas para aprender e com eles lecionar. Eles são os supervisores Elaine e Marcelo do Colégio 31 de Março e supervisor Sergio do Colégio Regente Feijó, e a supervisora Carmelinda do Colégio Gabriel Rosa. Expresso também gratidão e homenagem aos professores Cristiene, Éverton, Márcia e Euclides, que fizeram parte do meu Ensino Básico e me inspiraram à esta formação.

À UEPG, pelo esforço constante de melhoria em sua estrutura, zelo com o patrimônio e pela formação que me concede.

[...] o clima influencia diretamente as plantas, os animais (incluindo o homem) e o solo. Ele influencia as rochas através do intemperismo, enquanto as forças que modelam a superfície da Terra são basicamente controladas pelas condições climáticas. Por outro lado, o clima, particularmente perto da superfície, é influenciado pelos elementos da paisagem, da vegetação e do homem, através de suas várias atividades. Os processos geomorfológicos, pedológicos e ecológicos, e as formas que eles originam, só podem ser devidamente compreendidos com referência ao clima predominante na atualidade e no passado.

(J. O. Ayode)

MEDEIROS, J. M. de. **Análise da Temperatura de Superfície Terrestre em Curiúva-PR no período entre abril de 2013 a abril de 2022.** 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

RESUMO

O clima que ocorre nas cidades é diferente daquele que é observado no seu entorno, isto porque todos os elementos que constituem as áreas urbanas provocam mudanças nas características climáticas do lugar onde são construídas, principalmente, no que diz respeito ao aquecimento da superfície. As tecnologias fornecidas pelo sensoriamento remoto permitiram obter dados multitemporais, principalmente da Temperatura de Superfície Terrestre, Índice de Vegetação e orientação das vertentes. Com isto foram gerados mapas temais que funcionam como ferramenta principal para compreender o comportamento da temperatura na cidade. Neste caso, foi analisado o clima urbano de uma cidade de pequeno porte, Curiúva-PR com 15.289 habitantes. A cidade subtropical foi analisada e a partir dos mapas da temperatura de superfície terrestre, que permitiram identificar o comportamento da temperatura da superfície, na área urbana e rural em seu entorno e quantificar os dados, sendo que foram amostrados 21 pontos, que incluem área urbana e rural, dos quais foram extraídos dados de TST, NDVI e da orientação da vertente. Com o apoio das geotecnologias foram identificadas regiões com altas e baixas temperaturas, associadas aos diferentes tipos de uso do solo e posição da vertente. Um aspecto importante da temática em questão, sobre a qual vários pesquisadores têm se dedicado, é o de contribuir com o planejamento urbano para a melhor qualidade de vida. Então espera-se que esta análise permita uma nova visão e entendimento de administradores sobre o planejamento urbano.

Palavras-chave: Temperatura de Superfície Terrestre – TST. Clima urbano. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI. Orientação de vertente.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Área de estudo.....	35
FIGURA 2 – Limites que formaram a área de estudo.....	36
FIGURA 3 – Orientação de vertentes na área de estudo.....	41
FIGURA 4 – Localização dos pontos de amostragem.....	42
FIGURA 5 – TST de verão dos anos 2014 e 2021.....	58
FIGURA 6 – NDVI de verão dos anos 2014 e 2021.....	58
FIGURA 7 – TST de outono dos anos 2013 e 2021.....	59
FIGURA 8 – NDVI de outono dos anos 2013 e 2021.....	60
FIGURA 9 – TST de inverno dos anos 2013 e 2021.....	61
FIGURA 10 – NDVI de inverno dos anos 2013 e 2021.....	62
FIGURA 11 – TST de primavera dos anos 2013 e 2021.....	63
FIGURA 12 – NDVI de primavera dos anos 2013 e 2021.....	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Taxa de vapor de água para o intervalo.....	29
TABELA 2 – Chaves de interpretação dos elementos da imagem orbital.....	32
TABELA 3 – Estimativa da população residente em Curiúva-PR por ano durante o período analisado.....	37
TABELA 4 – Classificação utilizada no mapa de vertentes.....	39
TABELA 5 – Valores extraídos do mapa da TST e do NDVI para os usos área construída, campo e solo exposto.....	48
TABELA 6 – Valores extraídos do mapa da TST e do NDVI para o uso cultivo.....	50
TABELA 7 – Valores extraídos do mapa da TST e do NDVI para os usos mata nativa e silvicultura.....	53
TABELA 8 – Valores extraídos do mapa da TST e do NDVI para o uso área construída.....	56

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Sensores e bandas das imagens do satélite LANDSAT-8 e suas características.....	29
QUADRO 2 – Data de aquisição das imagens, estação do ano, agrupadas em primeiro e segundo período.....	33
QUADRO 3 – Base legal e cronológica do crescimento urbano de Curiúva-PR.....	37

LISTAS DE SIGLAS

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ERTS	Earth Resources Technology Satellite
Fundação ABC	Fundação das Cooperativas Arapoti, Batavo e Castrolanda
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
LDCM	Landsat Data Continuity Mission
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NIR	Near-Infrared
OLI	Operational Land Imager
QWIPs	Quantum Well Infrared Photodetectors
QGIS	Quantum Geographic Information System
RGB	Red, Green, Blue
S.C.U.	Sistema Clima Urbano
SSA	Sistema Superfície-Atmosfera
SPT	Suhu Permukaan Tanah
SWIR	Short-Wave Infrared
TIRS	Thermal Infrared Band
TST	Temperatura de Superfície Terrestre
USGS	United States Geological Survey
WGS 84	World Geodetic System 84

LISTAS DE SÍMBOLOS

Cfb	Clima temperado, sem estação seca e verão fresco
Km ²	Quilômetro quadrado
nm	Nanômetro
Rw	Ratio Water
Trange	Temperature Range
µm	Micrômetro

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 REFERENCIAL TEÓRICO	15
1.1 CLIMA URBANO, TEMPO E CLIMA.....	15
1.2 INTERAÇÕES DA RADIAÇÃO, SUPERFÍCIE E ALBEDO	17
1.3 SENSORIAMENTO REMOTO E IMAGENS DE SATÉLITE NA CLIMATOLOGIA.....	19
1.4 COMPOSIÇÃO RGB E COBERTURA DA SUPERFÍCIE	21
1.5 TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE	22
1.6 VERTENTE E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE	23
1.7 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA	24
1.8 ÁREA DE ESTUDO E ESCALA ESPACIAL E TEMPORAL	25
2 MATERIAL E METODOLOGIA	28
2.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	28
2.2 ÁREA DE ESTUDO	34
2.2.1 Características da área de estudo	36
2.2.3 Descrição dos pontos.....	41
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.1 ANÁLISE DOS DADOS DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	45
3.2 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE ÁREAS	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	67

INTRODUÇÃO

A cidade se configura como um local de alteração do uso, ocupação e funcionamento do espaço natural. O novo espaço resultante das atividades do ser humano neste local cria entre outras particularidades, o clima urbano. A maior parte da população mundial vive em cidades, assim como grande parte do desenvolvimento que promove a sobrevivência da espécie humana, acontece neste espaço. O clima influencia diretamente na evolução ou retração dos biomas, assim pode promover a preservação de espécies biológicas, seres inanimados e objetos que compõem a superfície da terra, além de interferir na saúde humana. A compreensão da dinâmica climática e sua manifestação espacial permite aos gestores de uma cidade a elaboração de estratégias de planejamento para um melhor acondicionamento e por consequência qualidade de vida.

Uma forma de se alcançar isto é compreender o funcionamento da dinâmica da temperatura na cidade, que acontece em função de vários fatores, incluso o aquecimento da temperatura da superfície. Esta variável será abordada neste trabalho, por meio da análise de vários pontos distribuídos de forma estratégica na área de estudo, utilizando-se da metodologia do estudo da Temperatura de Superfície Terrestre - TST.

O objetivo geral da presente pesquisa é analisar o comportamento da TST na área urbana e rural de Curiúva-PR, considerando os diferentes tipos de uso da terra, como no caso dos usos área construída, campo, cultivo, solo exposto, silvicultura e mata nativa, e sua evolução no período de 2013 a 2021. E para isto buscou-se obter e processar imagens de satélite *LANDSAT-8* da área de estudo e para o período estudado, extrair a TST, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – *NDVI*, a obtenção da orientação de vertentes e gerar mapas com a composição *RGB* para cada uma das datas.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 CLIMA URBANO, TEMPO E CLIMA

A Climatologia, subdivisão da Meteorologia e da Geografia, é uma ciência que estuda a espacialização e evolução dos elementos do clima e fenômenos atmosféricos. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Tempo é o registro de um estado momentâneo das condições atmosféricas locais, já o Clima é a média desse registro ao longo dos anos. Conforme Ynoue; Reboita; Ambrizzi e Silva (2017), a Organização Meteorológica Mundial definiu que uma série de dados meteorológicos produzidos por 30 anos é adequado para identificar o clima de uma região, cujo período também é denominado de Normal Climatológica.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) classificam como um sistema aberto a relação entre a superfície da Terra com a baixa atmosfera, também chamado de Sistema Superfície-Atmosfera (SSA). As interações entre os componentes deste sistema são as responsáveis por controlar o fluxo de matéria e energia do próprio sistema.

No que diz respeito a atmosfera Ayoade (2007) afirma que as camadas inferiores possuem densidade maior do que as camadas superiores. Já sobre a camada do clima, Ynoue; Reboita; Ambrizzi e Silva (2017), explicam que a troposfera é a camada da atmosfera onde ocorrem os fenômenos meteorológicos. Ela é composta por vários gases, a maioria de caráter permanente, mas alguns deles são variáveis ao longo do tempo e espaço.

Portanto, troposfera é a camada onde acontecem de forma mais marcante os fenômenos do tempo atmosférico e turbulência. Ela contém aproximadamente “[...] 75% da massa gasosa total da atmosfera e virtualmente a totalidade do vapor de água e de aerossóis”. (AYOADE, 2007, p.20).

Segundo Mendonça e Monteiro (2003), o clima urbano se configura como as condições climáticas que envolvem o ambiente urbano. O clima exerce influência direta sobre as plantas, animais e solo, influenciando assim também o ser humano. Da mesma forma acontece o inverso, Ayoade (2007) registra que próximo à superfície o clima igualmente recebe influência dos resultados das atividades desses elementos da paisagem, especialmente das diversas atividades do homem.

Almeida Júnior (2005) diz que o clima no Brasil não é determinado apenas

pela quantidade de radiação solar que recebe devido sua localização no globo terrestre - entre os Trópicos de Capricórnio e Câncer, cortado pela Linha do Equador - mas também é influenciado pelo relevo, vegetação e massas de ar, além da própria ação do homem.

A preocupação com a qualidade de vida nas cidades torna importante o estudo de suas condições climáticas. Devido à concentração de atividades e serviços, o centro urbano possui uma transformação das condições ambientais e climáticas, podendo dar origem a um ambiente antropizado com clima específico para diferentes regiões de uma mesma cidade. (DORIGON; AMORIM, 2017).

Uma das principais causas de aumento de temperatura nas cidades é a poluição atmosférica, cujas partículas, em suspensão, absorvem as radiações infravermelhas. (CRUZ, 2009). Além disso, a substituição de áreas permeabilizadas por impermeabilizadas pode provocar o aumento da temperatura.

Um dos fenômenos climáticos urbanos, consequência da criação de ambientes antropizados, é o que se denomina como Ilha de Calor. O termo ilha de calor (IC), que interfere no conforto térmico, se refere a uma anomalia térmica gerada em pontos específicos da malha urbana. Parker (2010, p. 124) explica que ela é resultado da “retenção do calor solar no tecido dos edifícios e nas superfícies do solo, e pela obstrução e reabsorção da radiação de ondas longas emitida durante a noite por edifícios que obstruem a visão do céu”.

Ao analisar os pontos quentes de um perímetro urbano, a Ilha de Calor se localiza por padrão, geralmente, no centro da cidade, mas pode acontecer alterações quando se trata de cidade de pequeno e médio porte, principalmente se o centro dessa cidade apresentar um parque verde. (COLTRI; VELASCO; POLIZEL; DEMETRIO; FERREIRA, 2007). Da mesma forma, a área rural no entorno da cidade pode apresentar temperaturas elevadas, conforme o tipo e o estágio de uma cultura sazonal, que promoverá um solo mais ou menos exposto.

O clima urbano é complexo, porque ele abrange também, além das próprias características do clima da sua região, os microclimas que compõem a dinâmica da estrutura interna de cada cidade. Monteiro e Mendonça (2003), chamam isto de formação de condições climáticas intraurbanas, próprias da heterogeneidade da morfologia ou superfície urbana. E os autores detalham que, desta formação resultam os bolsões climáticos intraurbanos, mais conhecidos como Ilhas de Calor ou de frescor, que são alterações das condições climáticas padrão daquele local.

No caso das Ilhas de Calor, caracterizada pelo aumento da temperatura da superfície, Mallick; Kant e Bharath (2008) apontam que elas são relacionadas à alteração dos tipos de uso e tipos de cobertura da terra. O autor explica que alterações desta ordem na superfície, principalmente a substituição de superfícies vegetadas por superfícies impermeáveis, modifica a dinâmica da atmosfera. Isto acontece porque as superfícies vegetadas e impermeabilizadas possuem formas diferentes de absorção da radiação solar, de armazenamento de calor, de taxas de evaporação, e de condições para a formação do vento.

Weng (2009) mostra em seu estudo que o mapeamento e análise de Ilhas de Calor fornecem parâmetros importantes que, por meio de medições de TST e técnicas de sensoriamento, se torna possível identificar os fluxos de energia de superfície.

O processo de crescimento urbano impõe um caráter peculiar à baixa troposfera, produzindo condições atmosféricas locais distintas das encontradas nas suas áreas vizinhas. A cidade produz um clima próprio chamado clima urbano, consequência principalmente da emissão de aerossóis, produção artificial de calor, rugosidade da cidade, como também do material empregado nas construções. Essas interferências ocorrem na camada limite e se processam do nível microclimático ao mesoclimático. Como as características funcionais, estruturais, de sítio e de dimensões espaciais diferenciam as cidades entre si, da mesma forma que os padrões de uso do solo marcam seus contrastes internos, o clima urbano varia de uma cidade para outra. (LOMBARDO, 1990, p.163)

Monteiro e Mendonça (2003) pontuam que o clima faz parte das dimensões que compõem o ambiente urbano. Portanto, estudá-lo e entendê-lo é uma forma de obter padrões importantes para gerir questões ambientais relacionadas à cidade.

Neste ambiente socialmente construído, o balanço de energia precedente sofre profundas mudanças, sendo que os elementos climáticos mais observados têm sido a temperatura e a umidade relativa do ar (ilha de calor, ilha de frescor, conforto/desconforto térmico etc), os ventos (diretamente ligados à dispersão da poluição) e, nas cidades tropicais, a precipitação (inundações). As atividades sócio-econômicas urbanas, de maneira geral, são fatores da formação do clima urbano, sendo que a intensidade do adensamento humano e urbano e a localização geográfica da cidade desempenham forte influência em tal formação. (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003, p. 93-94).

1.2 INTERAÇÕES DA RADIAÇÃO, SUPERFÍCIE E ALBEDO

Ayoade (2007) descreve como variável a radiação solar recebida no topo da atmosfera terrestre, porque ela oscila de acordo com o período do ano, do dia e com

a latitude. Isso ocorre devido diversos fatores, tais como da órbita da Terra ser elíptica, o que gera diferentes distâncias entre o planeta e o Sol ao longo do ano; A posição também variável da Terra ao longo dos meses, resulta na distribuição assimétrica dos raios solares. Em dezembro acontecem os maiores valores de insolação na zona subtropical do Hemisfério Sul, enquanto em junho acontece o inverso. E varia conforme o período do dia por causa da rotação da Terra e da altitude do Sol, que é determinada pela latitude, período do dia e estação do local. Ayoade (2007) pontua que a intensidade por unidade de área se torna mais concentrada conforme a maior altitude do Sol.

Uma causa, que interfere na variação da radiação solar sobre a superfície terrestre, é a dinâmica da própria atmosfera terrestre, que não somente absorve e reflete, mas também difunde e reirradia a energia solar, alterando assim o padrão de distribuição da insolação. (AYOADE, 2007). A radiação emitida pela superfície da Terra é um dos pontos importantes neste trabalho. E a umidade aqui é determinante já que, conforme Ayoade (2007), superfícies secas ou claras refletem mais radiação que superfícies úmidas.

Esta propriedade, chamada albedo, é apresentada comumente em porcentagem, e mostra a capacidade que um corpo terrestre tem de refletir a radiação solar que recebe. Dessa forma, o albedo sempre irá variar conforme a cor sobre a qual a radiação age. Mendonça e Danni-Oliveira (2007) explicam que o albedo varia conforme a cor e constituição do corpo, assim ele será máximo em corpos brancos e mínimo em corpos pretos. Além disso, os autores complementam que um corpo de alto albedo possui baixa intensidade de absorção de radiação solar, pois neste corpo a maior parte é refletida.

Compreende-se assim que o albedo é uma propriedade física cuja porcentagem varia conforme as propriedades dos corpos em que ocorre. Outra causa de variação do albedo é decorrente da característica das superfícies e do ângulo zenital do Sol. Se a superfície é vegetada, o albedo irá variar, por exemplo, conforme o tipo de espécie, a fase de crescimento, saúde da planta, formato da copa, índice de área foliar. (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Almeida Júnior (2005) descreve que na prática, a porcentagem geral de albedo de uma cidade pode ser controlada por meio da cobertura da superfície com vegetação. Esse tipo de cobertura colabora com a diminuição da temperatura em função do consumo de energia para seus processos fisiológicos e contribui com o

sombreamento, assim será criado um ambiente confortável, regulado por um microclima estável em dias quentes.

As propriedades térmicas diferentes da água (líquido) e da terra fazem com que sejam também diferentes as reações à insolação, por diversas razões, entre elas, segundo Ayoade (2007), o fato de a primeira possuir aquecimento e resfriamento lento, e o solo reagir de forma inversa. Isso é explicado pela relação desses componentes com o albedo, que nos solos se apresentam maior do que na água.

1.3 SENSORIAMENTO REMOTO E IMAGENS DE SATÉLITE NA CLIMATOLOGIA

Florenzano (2011) explica que 'Remoto' significa distante e 'Sensoriamento' significa captação de imagens por meio da energia refletida ou emitida da superfície, ou seja, ele inclui desde imagens de satélites até fotografias. Mas diferente do sensor físico de uma câmera fotográfica, o sensor eletrônico imageador tem por característica ser multiespectral, captando além de imagens do espectro visível, também o infravermelho e termal. (MENESES; ALMEIDA, 2012). Isso quer dizer que o sensor eletrônico obtém “[...] dados de regiões de energia invisível ao olho humano”. (FLORENZANO, 2011, p.14).

A partir da década de 60, iniciou-se o lançamento de satélites para fins meteorológicos que permitiram o acompanhamento constante e detalhado das condições atmosféricas em escalas local e global. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Este é outro ponto que diferencia sensores imageadores de sensores comuns. Meneses e Almeida (2012, p. 2) descrevem que a aquisição de imagens por satélite acontece devido aos seus sensores, que diferente de fotos aéreas, possuem a “[...] capacidade de imagear em curto espaço de tempo toda a superfície do planeta e de uma maneira sistemática, dado que um satélite fica continuamente orbitando à Terra”.

Existem três papéis importantes executados por satélites, e Barret (1974 *apud* Ayoade 2007) elenca que são a observação dos sistemas da Terra e sua atmosfera, o funcionamento como uma plataforma para coletar dados e o seu funcionamento como elo de comunicação entre as distantes Estações Meteorológicas terrestres.

Com o surgimento de geotecnologias e pela eficácia que possuem os sensores dos atuais satélites em detectar uma ampla gama do espectro eletromagnético, uma das possibilidades é a de análise da Temperatura de Superfície Terrestre. As imagens utilizadas neste trabalho para a análise da TST, foram obtidas

do satélite *LDCM (Landsat Data Continuity Mission)*, mais especificamente o *LANDSAT* na sua versão 8. A EMBRAPA (2022) mostra que esta versão de satélite trabalha com os sensores *OLI (Operational Land Imager)* e *TIRS (Thermal Infrared Sensor)*.

O Operational Land Imager (OLI), construído pela Ball Aerospace & Technologies Corporation, mede as porções do espectro visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas. Suas imagens têm resoluções espaciais pancromáticas de 15 metros (49 pés) e multiespectrais de 30 metros ao longo de uma faixa de 185 km (115 milhas) de largura, cobrindo amplas áreas da paisagem da Terra, fornecendo resolução suficiente para distinguir características como centros urbanos, fazendas, florestas e outros usos da terra. A Terra inteira ficará visível uma vez a cada 16 dias devido à órbita quase polar do Landsat 8. (NASA, 2022b).

Já o sensor *TIRS (Thermal Infrared Band)*, aplica em suas duas bandas térmicas uma tecnologia de física quântica para detectar calor. O Sensor Infravermelho Térmico utiliza da tecnologia *Quantum Well Infrared Photodetectors (QWIPs)* para identificar os comprimentos de onda longos de luz, e assim medir a temperatura da superfície. (NASA, 2013).

Por causa dos detectores *QWIPs TIRS* serem sensíveis às bandas de comprimento de onda infravermelho térmico, o resultado disso é uma imagem com as temperaturas da superfície da Terra e da atmosfera separadas uma da outra. É interessante lembrar que o ser humano também tem sensores naturais de luz, o sistema visual, que também capta cores numa faixa específica do espectro eletromagnético. (STEFFEN, 2022).

Segundo a EMBRAPA (2022), o *LANDSAT* ou *Land Remote Sensing Satellite*, um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana desde meados da década de 60, é um satélite de uso exclusivo à observação de recursos naturais terrestres. Desde então a missão *Earth Resources Technology Satellite (ERTS)* vem sendo aperfeiçoada em seus algoritmos, chegando hoje à missão *LANDSAT-9* lançada em 27 de setembro de 2021. (SATÉLITE, 2021).

A escolha pelo *LANDSAT-8* neste trabalho ocorreu devido à abrangência de tempo de análise, cujo período estende-se de 2013 a 2022. O satélite da missão 8 foi lançado justamente em 11 de fevereiro de 2013, com horário de passagem aproximadamente às 10h na região de análise e período de revisita a cada 16 dias. (EMBRAPA, 2022).

NASA (2022a) detalha que no satélite de oitava edição, o *TIRS* é o

instrumento térmico responsável por recolher dados com resolução espacial de 100 metros e faixa espectral de 10.6 μm a 12.5 μm , constituindo assim a faixa termal.

A capacidade que um sensor possui para discriminar objetos em função da sua sensibilidade espectral é denominada resolução espectral. Quanto mais estreita for a faixa espectral da qual um sensor capta dados, maior é a possibilidade de registrar variações de energia refletida pelo objeto. De certa forma, pode-se considerar também que quanto maior o número de bandas (ou canais) de um sensor, maior é a sua resolução espectral. (FLORENZANO, 2011, p.17-18).

A região do termal (ou infravermelho distante), juntamente com as regiões infravermelho próximo e infravermelho médio, compõem uma região maior, chamada de radiação do calor. (FLORENZANO, 2011). A faixa termal pertence ao espectro responsável por captar a radiação emitida pelas superfícies e por isso é a mais utilizada para os estudos de temperatura da superfície quanto ao uso das imagens de satélite. (STEINKE; STEINKE; SAITO, 2010).

Todos os corpos que apresentam temperatura acima do chamado zero absoluto ou zero Kelvin (-273,15°C) emitem radiação eletromagnética, incluindo a do infravermelho termal. Isso ocorre, porque acima dessa temperatura as moléculas se encontram em um estado vibracional, e quando colidem elas mudam seu estado de energia e emitem radiação eletromagnética. São, portanto, fontes de radiação eletromagnética. Isso se verifica para qualquer objeto terrestre, natural ou artificial, e da mesma forma que se pode medir com um sensor a radiação solar refletida dos objetos, pode-se também medir a radiação termal emitida e ter a imagem desses objetos. A radiação termal estende-se de 5,0 μm a 1,0 mm, mas devido às absorções da atmosfera, apenas a faixa espectral de 8,0 a 14 μm é usada nas aplicações de sensoriamento remoto terrestre. (MENESES, 2001, p. 47).

1.4 COMPOSIÇÃO RGB E COBERTURA DA SUPERFÍCIE

Quoos (2022) explica que o princípio pelo qual diversas cores são obtidas a partir da projeção de luz branca sobre os filtros *Red*, *Green* e *Blue* é chamado espaço de *RGB*. Esta filtragem é utilizada para a formação de luzes com fim de representação e exibição de imagens nos sistemas eletrônicos, como televisores e computadores.

Steffen (2022) explica que para acontecer o registro de uma cena no formato de arquivo num sistema eletrônico, a imagem é registrada de forma decomposta, ou seja, ele grava uma imagem correspondente a cada cor *RGB*, produto denominado 'imagem monocromática'. Depois, o sistema compõe a cena registrada, para exibi-la

ou sintetizá-la. O princípio de funcionamento *RGB* no sistema eletrônico acontece dessa forma:

A tela do monitor é composta de milhares de pequenas células coloridas (azul, verde e vermelho) dispostas em trincas como em **D**. Quando o computador superpõe as imagens das três bandas no monitor, as células de cada cor, brilham com intensidades proporcionais aos níveis digitais de cada pixel da imagem monocromática correspondente e o resultado percebido é uma imagem colorida. Se você olhar para a tela do monitor com uma lente de aumento poderá observar essas trincas, entretanto sem a lente, cada uma delas funciona como se fosse um único pixel já que o seu sistema visual não tem resolução suficiente para percebê-las. (STEFFEN, 2022).

Imagens de vegetação sempre estarão relacionadas com a assinatura espectral da folha vegetal, então as bandas do visível auxiliarão a identificar no mapa o que é representado em cada ponto, é uma ferramenta que vai tornar possível diferenciar o que é pastagem, o que é reflorestamento e o que é área urbana.

1.5 TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE

A Temperatura de Superfície Terrestre está relacionada ao campo térmico das cidades. (STEINKE; STEINKE; SAITO, 2010). Nos estudos de clima urbano a TST permite estimar o aquecimento da superfície considerando que se trata de um parâmetro físico relacionado com o fluxo de calor que compreende o balanço de radiação de uma determinada superfície. (MALLICK; KANT; BHARATH, 2008). Isto tem a ver com a agitação das moléculas de um corpo, cujas partículas quanto mais agitadas forem, maior será a energia térmica e assim maior será o calor. Além disso, a TST é sensível à vegetação e à umidade do solo, por isso pode ser usada para verificar alterações na cobertura do solo, como tendências à urbanização ou desertificação. (MALLICK; KANT; BHARATH, 2008).

Técnicas de sensoriamento remoto infravermelho termal (TIR) têm sido aplicadas em clima urbano e estudos ambientais, principalmente para analisar os padrões de temperatura da superfície terrestre (TST) e sua relação com as características da superfície, avaliando ilhas de calor urbanas (ICU) e relacionando TSTs com fluxos de energia de superfície. (WENG, 2009, p.335).

Pesquisadores explicam que a principal fonte de energia da Terra é o Sol, embora a própria superfície terrestre também tenha sua fonte de energia que pode

ser potencializada, pelas ações antrópicas nas cidades e nas suas áreas de diferentes usos que a compõe. (SANTOS; CRUZ; MORESCO; KUBASKI, 2021).

A TST é portanto, um parâmetro porque fornece informações relevantes para estimativas e controle climáticos, especialmente relacionados ao clima urbano. A partir de seus dados é possível identificar padrões, analisá-los e conscientizar-se a repensar formas de atividades humanas e interação com a natureza.

1.6 VERTENTE E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE

A vertente, explicada por Caseti (1995) como o elemento dominante do relevo, é um dos fatores que exerce influência sobre a Temperatura de Superfície Terrestre. A dinâmica da vertente com a temperatura está relacionada com a sua exposição predominantemente voltada para a direção que recebe maior insolação. Por isso a orientação de vertentes constitui um fator importante para entender o comportamento da TST visto que as vertentes voltadas para o norte, nordeste e noroeste tendem a apresentar temperaturas mais elevadas do que as vertentes de outras orientações.

A influência do relevo na Temperatura de Superfície Terrestre está relacionada aos atributos de posição, orientação e declividade de suas vertentes. Por exemplo, um local que apresenta maior altitude terá menor temperatura, na medida da proporção média estabelecida, que é de 0,6 °C para cada 100 m de diferença entre um local e outro - mesmo que ambos os locais apresentem a mesma latitude. A orientação à norte, de uma vertente localizada no Hemisfério Sul, influenciará em uma maior temperatura na superfície dela, pois Mendonça e Danni-Oliveira (2007) explicam que neste Hemisfério o Sol irradiará sempre da direção norte. Já a posição de uma vertente na superfície terrestre pode favorecer ou dificultar fluxos de calor e umidade entre uma área e outra, dependendo se houver barreiras, mesmo que numa microescala. Enquanto o fator declividade se apresenta na forma de ondulação da superfície, cuja vertente modificará a dinâmica da radiação incidente.

A elevação e a configuração da superfície terrestre são importantes na análise deste estudo. Estas variáveis controlam a forma de ocorrência da distribuição da insolação em microescala. Em baixa altitude, a influência da atmosfera sobre a insolação é maior, porque a massa de ar também é maior:

O aspecto relaciona-se com a direção para a qual uma dada vertente está voltada. Algumas vertentes estão mais expostas ao sol que outras. Nas médias e altas latitudes, as vertentes voltadas para a direção dos pólos geralmente recebem menos radiação do que as vertentes voltadas para o Equador. Nos vales alpinos da Europa, por exemplo, os estabelecimentos humanos e os cultivos estão notadamente concentrados sobre as vertentes voltadas em direção ao Sul (o *adret* ou lado ensolarado), enquanto as vertentes voltadas para o Norte (o *ubac* ou o lado ensombrado) permanecem cobertas por florestas. (AYOADE, 2007, p.30-31).

Sellers (1965 *apud* AYOADE, 2007) mostra em seu estudo sobre a distribuição latitudinal da insolação anual, que a zona subtropical recebe ligeiramente valor maior de insolação do que a zona equatorial, devido aquela possuir mais nuvens.

Além destas configurações do relevo em si, o tipo de cobertura da vertente também modifica a sua capacidade de absorção dos raios solares, e assim na sua temperatura. Mendonça e Danni-Oliveira (2007) classifica isto em coberturas vegetadas e não vegetadas, mas estas classes serão adaptadas e estendidas adiante no texto para se adaptar às características da área do presente estudo.

A influência de áreas vegetadas sobre a temperatura de uma superfície também varia de acordo com o tipo de vegetação, mais especificamente com a espessura que sua camada representa. Mendonça e Danni-Oliveira (2007) explicam que os troncos e os galhos das árvores reforçam a barreira contra a radiação solar direta, o que forma uma camada mais espessa que uma vegetação de gramínea, por exemplo.

1.7 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA

O *NDVI* serve para detectar e quantificar a presença de vegetação, porque com base na interação da vegetação com a luz obtém-se um índice que varia de -1 a +1. Quando o índice apresenta valores de -1 a 0 indica ausência de vegetação, de 0 a 0.33 baixo *NDVI*, de 0.33 a 0.66 médio *NDVI* e de 0.66 a 1 alto *NDVI*. Assim, o *NDVI* mostra a densidade de vegetação, que diz respeito ao vigor das culturas e seu estágio de crescimento. Nas áreas cultivadas, por exemplo, a condição de solo exposto acontece principalmente entre a colheita de um cultivar e um novo plantio, ou também chamado de entressafras. (CHERLINKA, 2020).

O tipo de uso da terra interfere na temperatura porque quanto maior o índice *NDVI*, menor a temperatura de superfície. Portanto o *NDVI* possui uma relação direta com a vegetação, que ao ser processada pelos satélites mostrará diferentes índices

de acordo com a estação do ano, fase de crescimento ou ausência dela. E de acordo com o índice amostrado a temperatura também será uma ou outra.

NASA (2000) explica que o cálculo da densidade do verde num pedaço de terra é feito por meio da observação de diferentes núcleos (comprimentos de onda), da luz solar visível e infravermelha, emitidos pelas plantas. Assim como ocorre num prisma, vários comprimentos de onda do espectro são absorvidos e outros são refletidos. O pigmento das folhas das plantas, que se chama clorofila, absorve a luz visível (de 0,7 μm) para a fotossíntese. Enquanto a estrutura celular das folhas reflete principalmente a luz infravermelha próxima (de 0,7 a 1,1 μm). Então, quanto mais folhas houver numa planta, mais comprimentos de onda de luz essa planta emitirá. Assim, a vegetação é quantificada pelos satélites com a medição da diferença entre o infravermelho refletido e a luz vermelha absorvida, e são gerados os mapas com os índices de vegetação.

Com o entendimento de que imagens de satélite são produtos da interação da radiação eletromagnética com os sensores imageadores, é importante levar em conta fatores que interferem no comportamento espectral dos objetos. A respeito disso, Florenzano (2011) elenca os fatores citados a seguir.

[...] localização do alvo em relação à fonte e ao sensor - refere-se à geometria de aquisição dos dados e implica um determinado ângulo de visada, de azimute etc., entre outros parâmetros. A radiação registrada por um sensor referente a um mesmo tipo de alvo será diferente por causa da sua exposição em relação à fonte. Haverá, por exemplo, diferença espectral entre um tipo de alvo localizado em um topo plano e o mesmo tipo de alvo localizado em uma vertente inclinada. (FLORENZANO, 2011, p.13).

Primeiro a resolução da imagem está relacionada à altitude do sensor orbital que influirá na dimensão dos dados. Outro fator diz respeito neste caso ao vigor das culturas, que é relacionado ao estágio de crescimento e poderá ser lido como Índice de Vegetação (*NDVI*). As condições ambientais se configuram como um fator externo ao objeto de estudo, no caso das imagens usadas neste trabalho, podem ser citadas as nuvens como variação de interferência. Outro fator está ligado à intensidade da radiação registrada pelo sensor, que será maior ou menor de acordo visibilidade fornecida pela própria atmosfera.

1.8 ÁREA DE ESTUDO E ESCALA ESPACIAL E TEMPORAL

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) pontuam a primordialidade da delimitação da escala e da área de estudo no trabalho em Climatologia. O limite da área foi definido de forma que permita observar o comportamento da TST em área urbana e rural, já quanto à escala foi observada a do clima local.

Sobre o clima local, também chamado Mesoclima, ele é uma ordem de grandeza escalonada como proposta para o estudo do clima. Ayoade (2007) explica que esta subdivisão da climatologia está baseada em escalas dos sistemas de circulação meteorológica. O autor descreve que esta grandeza se ocupa com o estudo do clima de áreas pequenas, entre 10 e 100 quilômetros de largura, e cita como exemplo disto o estudo do clima urbano e dos sistemas climáticos locais. A escala local pode apresentar uma duração de tempo entre 12 horas e uma semana em seus estados atmosféricos. Isso ocorre porque conforme Ribeiro (1993), a escala local é formada pela sucessão de sistemas atmosféricos que ocorrem em função da variação diária dos elementos climáticos, que possuem variação mínima de 12 horas.

Já o clima urbano, como proposta metodológica elaborada por Monteiro e Mendonça (2003), se configura além da escala de análise. “Por causa da abrangência do climático e do urbano, a noção de espaço necessariamente incluirá o espaço concreto e tridimensional [...] onde age a atmosfera e os espaços relativos [...]”. (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003, p.20). Assim, nos estudos de clima urbano, é necessário incluir as áreas rurais circundantes para identificar que existe um padrão diferenciado de temperatura distribuído nestes espaços. Então a proposta do clima urbano, elaborada por Mendonça e Monteiro (2003), pode ser aplicada neste tipo de pesquisa que busca analisar pontualmente o comportamento de uma variável climática em superfície urbana.

Uma vez que a escala climática abrange os termos espacial e temporal, como explicado por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o clima urbano se enquadra justamente numa dimensão espacial muito particular geograficamente, enquanto a dimensão temporal corresponde aos nove anos. Assim, a dimensão espacial corresponde à cidade de Curiúva-PR mais seu entorno de 500 m a partir do perímetro urbano, cuja área de estudo é composta por elementos específicos que formam uma dinâmica única nesta cidade. Enquanto a dimensão temporal corresponde ao ano recente de 2021, porém composto de um período de nove anos, que começa a contar em abril de 2013. A dimensão espacial, possui maior destaque dentro de uma abordagem geográfica. E em Climatologia, Mendonça e Danni-Oliveira (2007)

explicam que a noção de escala envolve uma ordem hierárquica das grandezas climáticas.

Há, todavia, uma controvérsia entre os climatólogos e meteorologistas no tocante à escala climática. Nas diversas abordagens sobre a grandeza do clima, observa-se grande variação, tanto do ponto de vista da nomenclatura para as diferentes dimensões climáticas quanto para a extensão e periodicidade dos fenômenos característicos das mesmas. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 22).

Mas, é possível dizer também, que a área de estudo será analisada na escala microclimática, cuja grandeza focaliza o estudo bem próximo à superfície, como uso e ocupação do solo. Mendonça e Danni-Oliveira (2007) ainda pontuam que neste caso, a ordem de grandeza abrange a temporalidade de 'minutos ao dia' e a extensão de alguns centímetros até algumas dezenas de metros quadrados. A exemplificação espacial aqui pode ser a superfície de uma área construída, a superfície de um bosque, de uma mata etc.

2. MATERIAL E METODOLOGIA

2.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho foi utilizado o *software QGIS 3.10.6* para processamento de imagens do *LANDSAT-8* que permitiu estabelecer a correlação entre o crescimento urbano e as alterações na temperatura da área de estudo que compreende a área urbana de Curiúva e uma faixa de 500m no seu entorno.

No *software*, a delimitação da área de estudo construída passa a ser chamada camada de máscara, que determina o recorte das imagens de satélite. Com esse procedimento metodológico foram gerados os mapas de Temperatura de Superfície Terrestre que abrangem o período de análise. Cruz (2009) ressalta a importância de começar a estruturar os conhecimentos sobre o clima urbano por causa da necessidade de proporcionar subsídios ao bom planejamento das cidades.

Para a análise dos resultados foram gerados mapas de composição *RGB*, o cálculo TST, o *NDVI* e a análise sobre a orientação das vertentes. Os valores da Temperatura de Superfície Terrestre foram obtidos através do *plugin QGIS SPT*, desenvolvido por Oxwazz (2022), que formulou o referido complemento para o cálculo específico desta variável.

No cálculo da Temperatura de Superfície Terrestre é necessário utilizar no *Plugin QGIS SPT*, as bandas *Red (B4)*, *NIR (B5)*, *TIR 1 (B10)* e *TIR 2 (B11)* (QUADRO 1). Depois é feito a configuração de variáveis importantes como a definição da Temperatura em Celsius e as definições do Intervalo de Temperatura e Teor de Vapor de Água. No Intervalo de Temperatura (*Range Temp.*), geralmente se trabalha com a escala de 0 – 30, porém ela deverá ser maior se os valores da TST calculada também forem maiores que 30 °C. Já a escala Teor de Vapor de Água (*Tot. Water Vapor*) é definida de acordo com a classificação climática da área de estudo, considerando também a data da imagem *LANDSAT*. Se a data da imagem não corresponder a uma das estações climáticas contida na tabela, então deve ser considerada aquela estação que mais se aproxima com a data da imagem referente ao satélite com o qual se trabalha.

QUADRO 1 – Sensores e bandas das imagens do satélite LANDSAT-8 e suas características

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral (μm)	Resolução Espacial
OLI	B1	0.433 - 0.453	30 m
	B2	0.450 - 0.515	
	B3	0.525 - 0.600	
	B4	0.630 - 0.680	
	B5	0.845 - 0.885	
	B6	1.560 - 1.660	
	B7	2.100 - 2.300	
TIRS	B8	0.500 - 0.680	15 m
	B9	1.360 - 1.390	30 m
	B10	10.30 - 11.30	100 m
	B11	11.50 - 12.50	

Fonte: EMBRAPA. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em: 29 ago. 2022.

As variáveis importantes, utilizadas no *Plugin QGIS SPT* elaborado por Oxwazz (2022), para extração da Temperatura de Superfície Terrestre são o vapor d'água na atmosfera, a temperatura (de saída e de intervalo), as bandas termais (*TIR-1* e *TIR-2*) e *NDVI* (*Red* e *NIR*) que são referentes a superfície terrestre e vegetação.

TABELA 1 – Taxa de vapor de água para o intervalo

TRange	Rw (0)
Tropical atmosphere	0.6834
Sub-tropical summer	0.6819
Sub-tropical winter	0.6593
Mid-latitude summer	0.6834
Mid-latitude winter	0.6356

Fonte: OXWAZZ. **Plugin QGIS SPT**. Disponível em: <https://github.com/oxwazz/Plugin-QGIS-SPT>. Acesso em: 25 de ago. 2022.

Para a composição *RGB* são utilizadas no *QGIS* as bandas *Red* (B4), *NIR* (B5) e *SWIR 1* (B6). Com cada uma destas bandas selecionadas, deve-se mesclá-las pelo *Raster* em miscelânea, e para isto deve-se observar que as bandas estejam ordenadas de forma decrescente (6, 5, 4). Antes de gerar o arquivo, deve ser configurado para que cada arquivo fique em banda separada. Depois é escalonado a colorimetria nas propriedades da simbologia.

A análise da vegetação foi feita com base no NDVI, obtido a partir do processamento da imagem *LANDSAT-8* no *QGIS 3.10.6* por meio do *Plugin QGIS SPT*, que contém a fórmula e utiliza as bandas 4 e 5.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

onde:

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NIR = banda espectral do infravermelho próximo (banda 5 no *LANDSAT-8/OLI*)

R = banda espectral do vermelho (banda 4 no *LANDSAT-8/OLI*)

A análise do índice de vegetação foi feita a partir do arquivo *NDVI* gerado com o *Plugin QGIS SPT*, cuja imagem é composta por *Red* (B4) e *NIR* (B5). Por fim, é classificada a sua simbologia, por meio de renderização Banda Simples Falsa-Cor. Observa-se então que cada forma de ocupação da terra resulta em diferentes valores de temperatura para cada superfície. Isto ocorre porque cada tipo de cobertura vegetal, ou ausência dela, absorverá a radiação solar de uma forma, assim como apresentará diferentes valores de emissividade e irradiação. (PEREIRA; MARIANO; WACHHOLZ; CABRAL, 2012).

Como mencionado anteriormente, não será gerado propriamente um mapa de uso do solo, porque o uso desse solo é variável na área de estudo durante o período analisado. Isso significa que em cada ano seu uso se apresenta de uma forma específica, em função da dinâmica de alteração de uso na superfície.

Para quantificar as análises do uso do solo lançou-se mão principalmente do *NDVI*, apoiado ao *RGB*, que juntas fornecem um índice de vegetação numérico e visual. Assim, estas ferramentas permitem que seja identificado áreas com e sem vegetação, e o grau destas duas condições. O apoio em tela da composição colorida *RGB* também se fez junto ao apoio das imagens *Google Earth* e *Google Satellite*, para melhorar a análise e seus resultados.

Foram elencados grupos de espaços na área delimitada com características parecidas entre si. Florenzano (2011) denomina como chaves o produto gerado pelo

método de descrever um conjunto de elementos de interpretação com objetivo de caracterizar objetos numa imagem orbital. A tabela inspirada no trabalho de Mallick; Kant e Bharath (2008), elenca as chaves utilizadas como guia na identificação e análise da área de estudo.

Para a localização dos pontos, foi necessário considerar primeiramente as diferentes classes de interesse, e depois as diferentes orientações de vertentes com as TSTs que mais se destacaram nestes critérios descritos.

2.1.1 Caracterização das imagens

As imagens foram obtidas junto plataforma *Earth Explorer USGS*, e são compostas por um endereço, que na área de estudo corresponde à órbita 221 ponto 077. Os dados de georreferenciamento são compostos pelo *Datum WGS84/UTM, EPSG 32722*, fuso 22S. As imagens disponibilizadas pelo satélite *LANDSAT-8* foi a base utilizada para o georreferenciamento das imagens que compreendem a área de estudo e correspondem ao período de nove anos, abril de 2013 a dezembro de 2021.

As classes de interesse (TABELA 2), foram analisadas conforme dados da cobertura superficial do NDVI, as diferentes datas do período e orientação de vertentes, e então utilizadas para determinar suas relações com a TST. Os pontos de análise foram referenciados a partir desta numeração principal, demonstrada a seguir na tabela 2, na qual o segundo numeral de cada ponto de análise é referente à ordem ou sequência de pontuação. Assim, todos os pontos de cultivo, por exemplo, serão enumerados a partir do número 2, seguido pelo número que representa a sua sequência, ou seja, o terceiro ponto de cultivo elencado será descrito como 2.3.

Foram selecionadas nas imagens diferentes formas de cobertura da superfície, ou uso da terra, a fim de poder comparar como se comporta a temperatura em superfície vegetada e não vegetada, a exemplo do solo exposto ou superfícies de concreto presentes na área urbana. Também observar a variação da TST em superfícies com diferentes níveis de vegetação, como uma área de gramínea, outra de cultivo e outra de vegetação densa. Somando-se a isso a orientação da vertente de cada tipo de superfície.

TABELA 2 – Chaves de interpretação dos elementos da imagem orbital

n°	Grupo	Descrição
1	Campo	Áreas de gramíneas, pastagem ou vegetação baixa.
2	Cultivo	Áreas de culturas sazonais, com vegetação baixa.
3	Mata nativa	Florestas naturais, heterogêneas, com vegetação densa.
4	Silvicultura	Florestas homogêneas. Culturas de pinus ou eucalipto.
5	Área construída	Áreas de concreto e materiais urbanos.
6	Solo exposto	Áreas sem vegetação ou de novos loteamentos.

Fonte: Adaptado de: MALLICK; KANT e BHARATH. **Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+.** Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.585.9524&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 10 out. 2022.

A razão de escolher as imagens a partir de 2013 é porque se pretendeu trabalhar com o satélite *LANDSAT-8*, que disponibiliza seus produtos a partir de 11 de fevereiro de 2013. A partir daí, foi selecionado um intervalo de tempo que permita identificar mudanças na temperatura da superfície decorrentes de alterações de uso realizadas na sua cobertura.

Então foi observado que o período de nove anos se mostrou adequado para isto ao se comparar os extremos deste período, ou seja, os anos correspondentes ao início e ao final do período de nove anos, que são 2013 e 2021. Por isso foi pensado em imagens unicamente de 2013 como primeiro período e unicamente de 2021 como segundo período, e buscou-se datas aproximadas para ambos os períodos. Assim se teria uma representação para cada estação dos anos, correspondentes aos extremos do período de análise.

Porém, não se obteve imagem sem nuvens do *LANDSAT-8* para o verão de 2013, a fim de que se pudesse analisar a superfície terrestre nesse período, por isso foi observada outra imagem de data mais próxima para o verão do primeiro período, assim foi definido o verão de 2014. Portanto, a referência para os extremos do período, a fim de simplificar a descrição das datas durante a análise no texto, aparecerá como primeiro período para os anos de 2013 e 2014 e segundo período para o ano de 2021 (QUADRO 2).

Então, o período utilizado tem uma duração que inicia em abril de 2013 e termina em dezembro de 2021. O primeiro período corresponde às datas 24 de abril no outono, 30 de agosto no inverno e 4 de dezembro na primavera, todos de 2013 respectivamente, e à data 6 de fevereiro no verão de 2014. O segundo período corresponde às datas 9 de fevereiro no verão, 30 de abril no outono, 20 de agosto no

inverno e 24 de novembro na primavera, todas de 2021.

QUADRO 2 – Data de aquisição das imagens, estação do ano, agrupadas em primeiro e segundo período

Data de aquisição das imagens	Estação do ano	Período de análise
24/04/2013	Outono	1°
30/08/2013	Inverno	
04/12/2013	Primavera	
06/02/2014	Verão	
09/02/2021	Verão	2°
30/04/2021	Outono	
20/08/2021	Inverno	
24/11/2021	Primavera	

Fonte: A pesquisa.

2.2 ÁREA DE ESTUDO

A localização da área de estudo é em Curiúva-PR (FIGURA 1), município que ainda não possui um estudo sobre Temperatura de Superfície Terrestre, além de ser a cidade de origem da autora deste trabalho, por isso o interesse e escolha por este local para o estudo. Curiúva, com menos de 20 mil habitantes, é uma cidade de pequeno porte conforme os dados quantitativos do IBGE, que classifica como cidade pequena os aglomerados urbanos com população de até 50 mil habitantes (VIEIRA; ROMA; MIYAZAKI, 2007).

Neste sentido, Monteiro e Mendonça (2003) apontam o lado positivo de cidades em pré-desenvolvimento, pois já podem tomar como referência o que não fazer em termos de gerenciamento da cidade, quando olham para grandes cidades. Considerando que o gerenciamento das cidades inclui o gerenciamento do clima urbano, que interfere no bem estar dos habitantes.

A área de estudo é composta pelo perímetro urbano fixado em lei municipal (CURIÚVA, 2012), mais uma faixa de 500 m em seu entorno, compreendendo o início da zona rural. O recorte da área de estudo foi a base para a execução de todo o processo. Sendo assim, o primeiro passo foi o recorte do perímetro urbano fixado na lei supracitada conforme as coordenadas UTM Fuso 22S; 553.257,95 E 7.340.346,54 S; 553.958,78 E 7.339.358,57 N; 556.380,19 E 7.338.904,89 N; 556.552,17 E 7.338.952,85 N; 556.983,89 E 7.343.023,20 N; 555.215,74 E 7.343.036,84 N. Depois foi adicionado no entorno do perímetro urbano uma faixa de 500m, que compreende o início da zona rural e que no *software* é chamado de *buffer*. O critério para a delimitação desta faixa, ou *buffer*, foi o de considerar áreas rurais que estivessem dentro da faixa de 500 m a partir do perímetro urbano (FIGURA 2). Assim, foi definida a área de estudo com o objetivo de identificar as diferenças entre a TST no campo e na cidade.

FIGURA 1 – Área de estudo

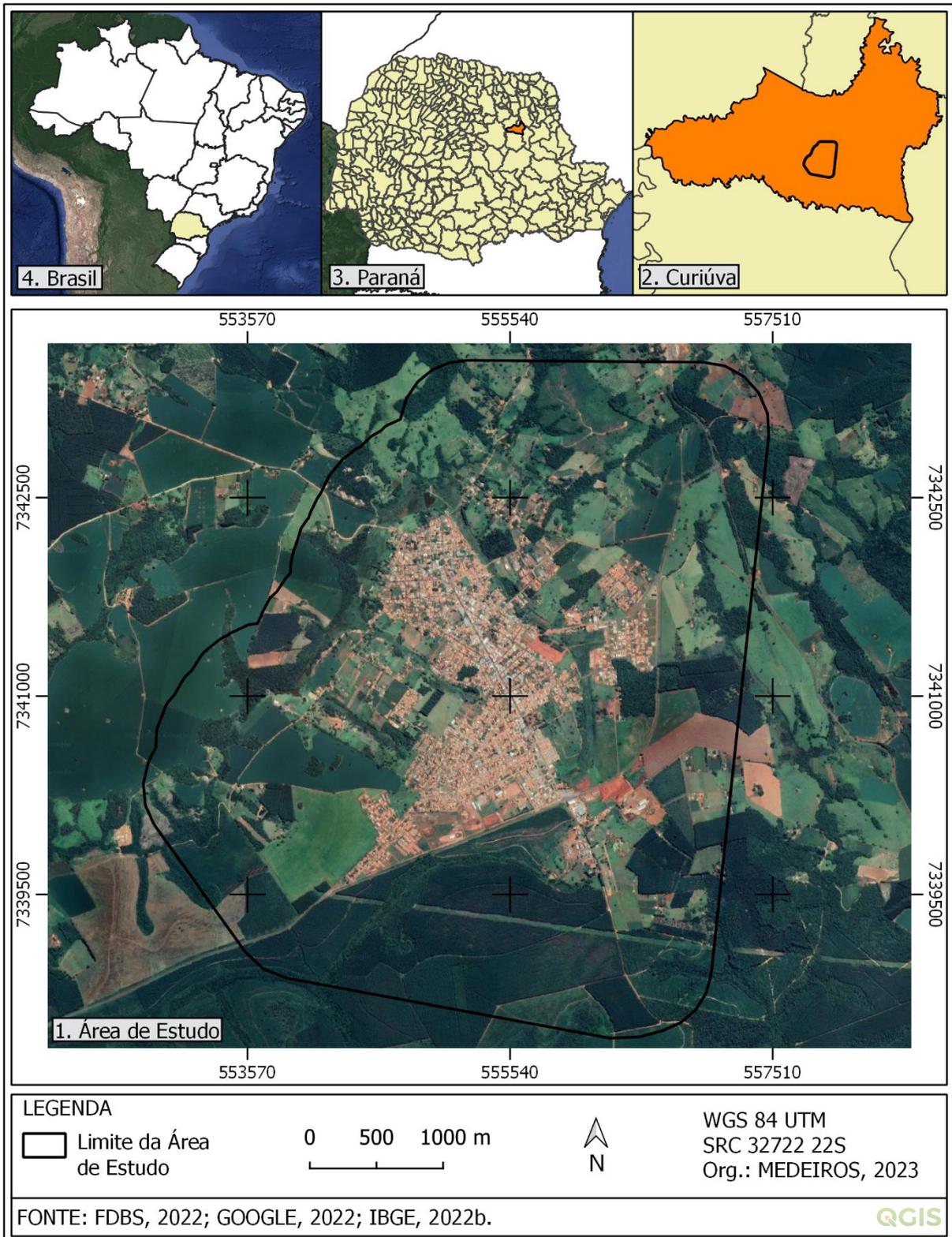
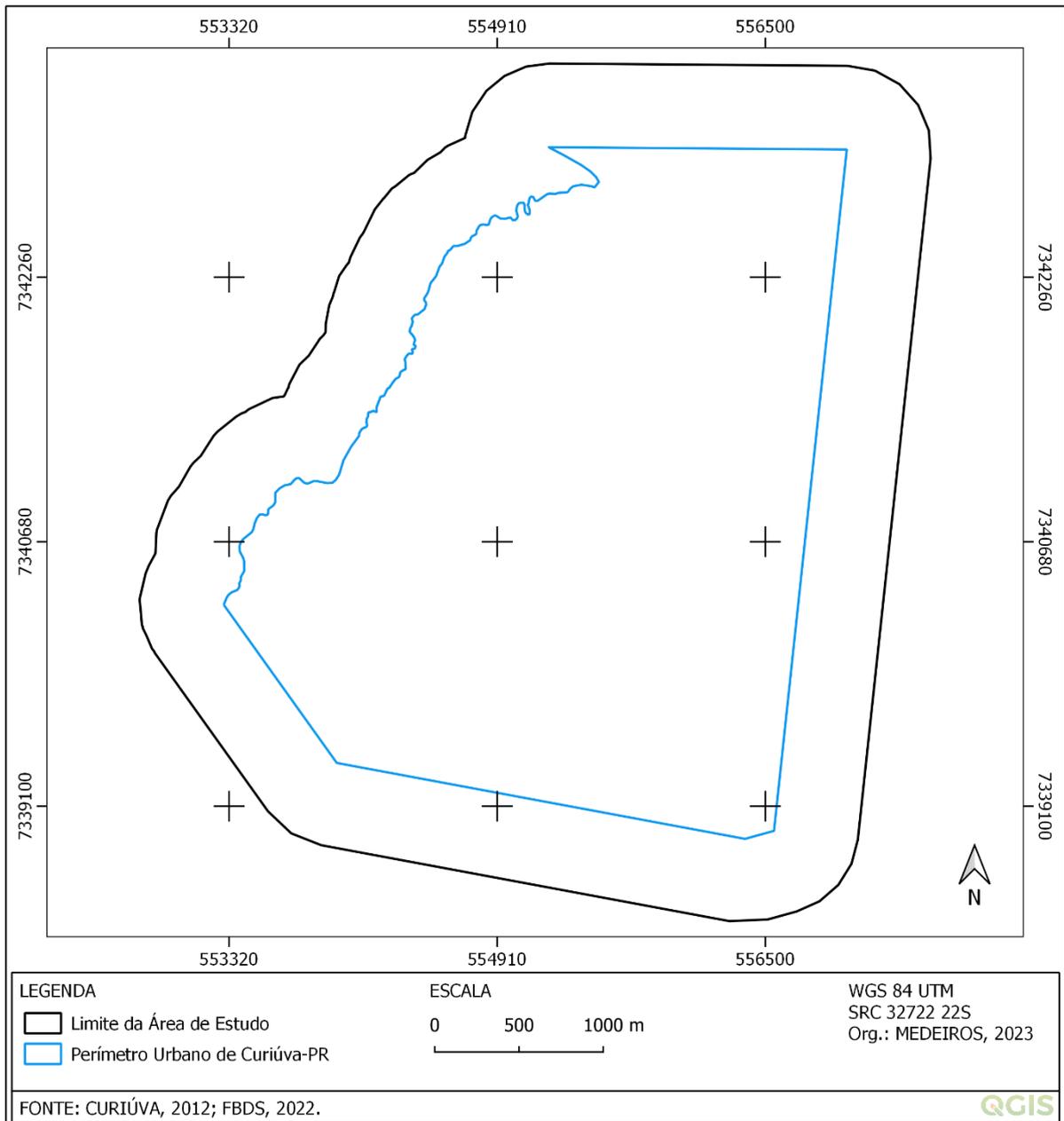


FIGURA 2 – Limites que formaram a área de estudo



2.2.1 Características da área de estudo

Curiúva, conforme o IBGE (2022a), uma cidade de pequeno porte do Paraná com estimativa de 15.289 habitantes para o ano de 2021, está localizada na Mesorregião Norte Pioneiro Paranaense, ocupando área total de 576,263 km² e 10,85 Km² de área urbana.

TABELA 3 – Estimativa da população residente em Curiúva-PR por ano durante o período analisado

População estimada	Data de referência
14.620	2013
14.720	2014
14.817	2015
14.911	2016
15.004	2017
15.003	2018
15.101	2019
15.196	2020
15.289	2021

Fonte: Adaptado de: IBGE. **Estimativas da população**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=17283&t=downloads>. Acesso em: 5 ago. 2022a.

É uma pequena cidade, que fica a aproximadamente 170 Km a su-sudeste de Ponta Grossa-PR, e 50 Km ao sul de Telêmaco Borba-PR a sudoeste onde encontra-se o Rio Tibagi. A área de estudo do Norte Pioneiro possui diferentes usos e coberturas do solo, caracterizada principalmente por cultivo, malha urbana e reflorestamento.

O crescimento urbano e a urbanização de Curiúva ocorreram de forma regular e irregular ao longo do período de análise. Da sua ocupação regular há várias leis que disciplinaram a criação de vilas e loteamentos, como pode ser visto a seguir:

QUADRO 3 – Base legal e cronológica do crescimento urbano de Curiúva-PR

(continua)

Bairro	Situação legal
Caetê Velho	Desde a fundação do Município, em 10/10/1947;
Matadouro Velho	Em regularização, ocupações dos últimos 10 anos;
Vila Cruzeiro	Ocupação desde 1982, gestão do prefeito Dirceu Bucco, regularizado/documentado atualmente, em 2021, pelo Programa Morar Legal;
Vila Esperança	Ocupação desde 1982, gestão do prefeito Dirceu Bucco, regularizado/documentado atualmente, em 2021, pelo Programa Morar Legal;
Vila Bigon	Lei Municipal nº 448, de 21/05/1986;
Vila São João	Lei Municipal nº 448, de 21/05/1986;
Vila Maria José	Lei Municipal nº 573, de 07/12/1993;
Vila São Pedro	Lei Municipal nº 648, de 10/09/1997;
Vila Klabin	Lei Municipal nº 657, de 11/12/1997;
Jardim Santo Antônio	Lei Municipal nº 680, de 06/07/1998;
Vila São Luiz	Lei Municipal nº 699, de 17/06/1999;

(conclusão)

Cohapar	Decreto 028 de 02/05/2002, (Casa Feliz - 1º Projeto, 22 casas);
Morada Verdes Campos	Lei Municipal nº 852, de 28/12/2004;
Jardim Mirelle	Lei Municipal nº 921, de 27/09/2005;
Vila Industrial	Em regularização, criado na gestão Márcio Mainardes, em 2005;
Jardim Izaura	Lei Municipal nº 918, de 13/09/2005;
Catavento	Lei Municipal nº 1015, de 20/11/2007;
Lago Azul	Lei Municipal nº 1066, de 05/12/2008;

Fonte: CURIÚVA, 2022.

Conforme consta na Fundação ABC (2022), o clima da área urbana de Curiúva é o Cfb, pela classificação de Köppen. É um clima caracterizado como temperado, com região sempre úmida e conta com mais de cinco geadas noturnas por ano. Cruz (2014) elenca que nos Campos Gerais, a temperatura média no mês mais frio fica abaixo de 18 °C e no mês mais quente abaixo de 22 °C.

Segundo o IBGE (1992) em Curiúva predomina a vegetação formada por Floresta Ombrófila Mista. Uma curiosidade para esta formação, também conhecida como mata-de-araucária, reside no termo 'Curiúva' que também se configura em um dos nomes populares da espécie Araucária angustifolia. (LORENZI, 2016).

A espécie arbórea alfeneiro [*Ligustrum lucidum*] confere um aroma peculiar agradável à cidade durante a sua floração, visto que é predominante nas vias públicas de Curiúva. (LAR, 2019). Segundo o IBGE (2022a), os domicílios arborizados foram contabilizados em 70 %, além disso 18,3 % de domicílios em vias públicas estão urbanizados com presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio.

2.2.2 Uso do solo na área de estudo

Sobre a declividade do relevo e geologia de Curiúva-PR, o instituto Mineropar (2006) destaca o seguinte:

A sub-unidade morfoescultural número 2.3.4, denominada Planalto de Ponta Grossa, situada no Segundo Planalto Paranaense, apresenta dissecação média e ocupa uma área de 6.313,89 km², que corresponde a 38,27% desta Folha. A classe de declividade predominante está entre 6-30% em uma área de 3.870,72 km². Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 520 metros com altitudes variando entre 560 (mínima) e 1.080 (máxima) m. s. n. m. As formas predominantes são topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em "U". A direção geral da morfologia é NW/SE, modelada

em rochas do Grupo Itararé e Formação Ponta Grossa. (MINEROPAR, 2006, p. 38).

Para a construção do mapa de orientação de vertentes foi utilizado a base cartográfica da TOPODATA (2022), aliado às classes de declividade criada por De Biasi (1977 *apud* Rovani e Cassol, 2012), e com a colorimetria daquelas classes formulada por estes últimos autores.

TABELA 4 – Classificação utilizada no mapa de vertentes

Classe	Cor	Direção
337,5° - 22,5°	AMARELO R: 255; G: 255; B: 0	Norte
22,5° - 67,5°	LARANJA R: 255; G: 136; B: 40	Nordeste
67,5° - 112,5°	VERMELHO R: 230; G: 30; B: 30	Leste
112,5° - 157,5°	ROXO R: 137; G: 61; B: 184	Sudeste
157° - 202,5°	AZUL escuro R: 0; G: 0; B: 159	Sul
202,5° - 247,5°	AZUL claro R: 105; G: 107; B: 255	Sudoeste
247,5° - 292,5°	VERDE escuro R: 0; G: 135; B: 0	Oeste
292,5° - 337,5°	VERDE claro R: 15; G: 200; B: 15	Noroeste

Fonte: Adaptado de: ROVANI, F. F. M.; CASSOL, R. Cartografia temática: uma contribuição na análise geográfica do município de Barão de Cotegipe/RS. **Revista Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 6, n. 2, p. 33-54, ago. 2012.

A área de estudo, em termos de superfície, é caracterizada principalmente por malha urbana, silvicultura e áreas de cultivos sazonais. Conforme é de conhecimento da autora, estas áreas cultivadas que ficam próximas à Curiúva, sua cidade de origem, são compostas principalmente por aveia e soja. Sendo que a condição de solo exposto acontece principalmente entre a colheita de um cultivar e um novo plantio, ou entressafras.

Conforme a Conab (2020), o cultivo de aveia acontece no outono/inverno, enquanto a soja é uma cultura de verão, então ela indica o plantio de aveia para os meses de abril a julho, enquanto o de soja é indicado entre os meses de setembro a dezembro. Mas conforme análise nos mapas de apoio e diálogo com agricultores da cidade, observou-se que em Curiúva o plantio de aveia também pode ocorrer de maio a junho, enquanto o de soja em outubro.

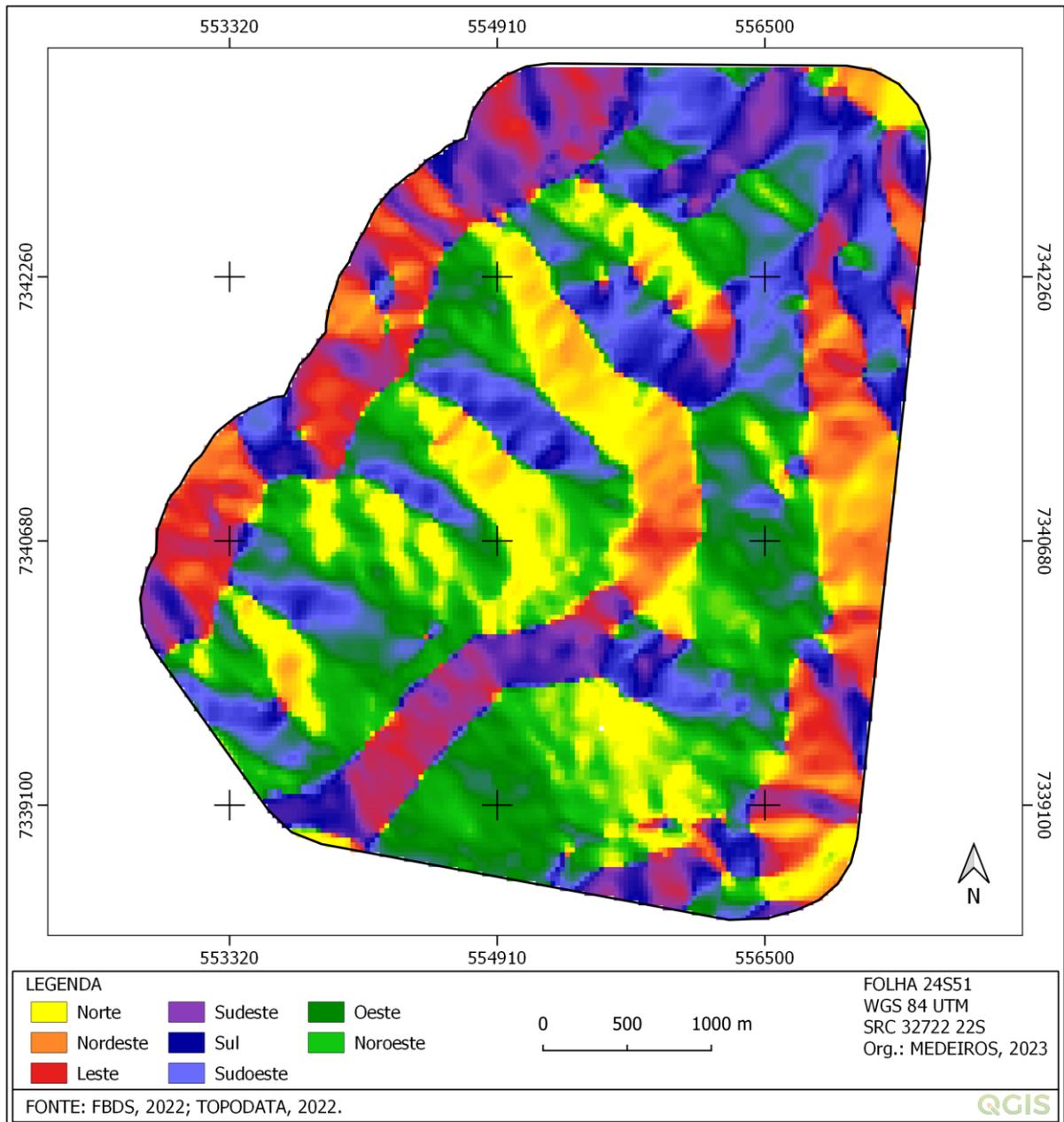
Observou-se ainda que entre as colheitas daquelas duas culturas principais, os produtores de Curiúva cultivam a terra a fim de prepará-la para receber o próximo plantio, processo chamado de entressafras, no qual o trigo fornecerá cobertura e

adubo orgânico e o milho ou o feijão fornecerá a palhada.

A Conab (2020) indica o plantio do trigo entre abril e julho, o de feijão (1ª safra) entre setembro e novembro, e o de milho (1ª safra) entre janeiro e abril. Mas observou-se nos mapas de apoio e diálogo com produtores, que em Curiúva o mês de abril não é época de plantio, e que o trigo e aveia são cultivados em maio. Observou-se ainda que o milho e o feijão são cultivados de forma alternada entre os anos a partir do início de agosto, preparando a terra para receber a soja em outubro/novembro.

Quanto à orientação de vertente, de sudoeste a nordeste do mapa (FIGURA 3) há cinco principais divisores de água, sendo que o 4.º divisor, nesta mesma ordem, se situa na rua principal da cidade. É a Avenida Antônio Cunha, onde há alguns prédios e muitos salões comerciais. Nas bordas da área de estudo localiza-se a área rural, caracterizada no mapa por relevo mais planificado, com direções principalmente a leste (vermelho) e sudeste (azul escuro).

FIGURA 3 – Orientação de vertentes na área de estudo



2.2.3 Descrição dos pontos

Os pontos de amostragem para analisar a relação entre a TST, o *NDVI* e a orientação de vertentes foram definidos a partir de superfícies com diferentes tipos de cobertura: campo, cultivo, mata nativa, silvicultura, área construída e solo exposto. Também foi considerada para a distribuição dos pontos, além da localização na zona rural e área urbana, os locais que apresentassem diferentes orientações de vertentes (FIGURA 4).

FIGURA 4 – Localização dos pontos de amostragem.



Notas: Imagem ilustrativa. A imagem de fundo neste mapa não reflete necessariamente o uso da terra das imagens utilizadas para a extração da TST, em cada uma das datas analisadas. Os pontos foram distribuídos de forma a priorizar orientações opostas de vertente.

A descrição está de acordo com a ordem de numeração dos pontos.

O P 1.1 é área de campo em vertente norte. É um campo de pastagem.

O P 2.1 é área de cultivo em vertente nordeste. É uma área de cultivo sazonal, onde no seu entorno predomina outras áreas de cultivo e uma faixa de Preservação Permanente.

O P 2.2 é área de cultivo em vertente sudeste. É uma área de cultivo sazonal

ao lado do P 2.1, muda apenas a característica orientação de vertente e provavelmente o tipo de cultura.

O P 2.3 é área de cultivo em vertente sul. É uma área de cultivo sazonal ao lado de uma quadra de reflorestamento e de outras áreas de cultivo.

O P 2.4 é área de cultivo em vertente norte. É uma área de cultivo sazonal ao lado de áreas de cultivo e reflorestamento.

O P 2.5 é área de cultivo em vertente sul. É uma área de cultivo sazonal ao lado de áreas de cultivo e área construída.

O P 3.1 é área de mata nativa em vertente leste. É uma área de Preservação Permanente em meio a áreas de pastagem.

O P 3.2 é área de mata nativa em vertente sudeste. É uma área de mata em meio a cidade.

O P 3.3 é área de mata nativa em vertente nordeste. O seu entorno é composto por área construída, talhões de silvicultura e campo.

O P 4.1 é área de silvicultura em vertente sul. É um talhão de silvicultura em torno do qual predomina mata e reflorestamento.

O P 4.2 é área de silvicultura em vertente nordeste. É um talhão de silvicultura em torno do qual predomina reflorestamento.

O P 4.3 é área de silvicultura em vertente norte. É uma área de silvicultura onde predomina grandes áreas de reflorestamento.

O P 5.1 é área construída em vertente norte. Faz parte da área de um Colégio, em meio a cidade.

O P 5.2 é área de área construída em vertente norte. É uma região de novo loteamento, que no primeiro período de análise ainda não havia construção.

O P 5.3 é área construída em vertente sul. É uma região antiga da cidade, ou seja, as construções como são hoje já estavam estabelecidas no primeiro período de análise.

O P 5.4 é de área construída em vertente leste. É uma região de novo loteamento cuja construções ainda não constavam na superfície no primeiro período de análise. Está próxima a uma grande área de reflorestamento.

O P 5.5 é área construída em vertente oeste. É uma região de novo loteamento cujas construções ainda não constavam na superfície durante o primeiro período de análise. Está próxima a uma área de cultivo sazonal.

O P 5.6 é área construída em vertente norte. Localizada na região industrial

da cidade, já apresentava construções no primeiro período de análise, porém foi observado modificações na cobertura das construções já presentes e um aumento de área construída.

O P 5.7 é área de campo em vertente sul. É um campo de futebol em meio à cidade. Existe próximo a ele duas grandes construções, que são o Ginásio de Esportes e salões de comércio.

O P 5.8 é área de campo em vertente norte. É um campo de futebol em meio a cidade.

O P 6.1 é área de campo em vertente norte. Está na classe campo porque se apresentou expressivamente desta forma em grande parte do período analisado. Apenas na data mais recente apresentou solo exposto como preparação para implantação de um novo loteamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos produtos gerados neste trabalho, é importante considerar que nos mapas deve ser dada atenção aos seus dados numéricos, pois são eles os principais critérios que diferenciam um mapa de outro. Daí o cuidado que se teve em construir as tabelas apresentadas neste tópico, geradas a partir dos valores obtidos com os mapas. Quanto às classes, observa-se ao longo dos nove anos que as menores temperaturas aconteceram nas datas de outono junto às suas características próprias de baixas temperaturas nesta época do ano, entretanto chama atenção baixas temperaturas no verão de 2021 em áreas de cultivo. Temperaturas altas aconteceram no verão e primavera, acompanhadas de superfície com solo exposto ou construído, mas ainda nas superfícies com área construída, se observa TSTs mais amenas na primavera de 2021 comparada com a primavera de 2013. Então buscou-se compreender como aconteceram exceções como esta, usando como referência as variáveis estudadas neste trabalho, conforme será explicado adiante junto às tabelas.

3.1 ANÁLISE DOS DADOS DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Os três tipos de uso do solo apresentados a seguir (TABELA 5), foram agrupados juntamente porque apresentam área com superfície de campo durante a maior parte do período de análise. O ponto 1.1 é um local de pastagem próximo ao cemitério municipal e permanece com esta superfície durante os nove anos. Os pontos 5.4 e 5.5 no primeiro período tem área de campo e no segundo período tem suas superfícies modificadas para área construída, sendo que o ponto 5.5 já apresenta construção em 09/02/2021, enquanto o ponto 5.4 a partir de 30/04/2021, conforme a data das imagens. Os pontos 5.7 e 5.8 são campos de futebol cercados por área construída durante todo o período de análise, mas o ponto 5.7 tem vertente orientada ao sul enquanto o ponto 5.8 à norte. E por fim, o ponto 6.1 no primeiro período é campo, mas a partir do segundo período tem superfície modificada para solo exposto, quando começa a sua preparação para receber um loteamento.

O ponto 1.1 apresenta alto grau de solo exposto apenas no inverno de 2021, quando se destacou com seu *NDVI* de 0.03 e TST de 35,25 °C . Foi a maior temperatura para este ponto em comparação com a sua menor TST na primavera de 2021, quando registrou 20,26 °C com *NDVI* de 0.47 ao longo do período de análise.

O ponto 1.1, ao longo dos nove anos, apresenta por outro lado o seu maior *NDVI* na primavera de 2013 com índice de 0.50, porém acompanhado de 31,63 °C na TST, que foi a segunda maior temperatura para este ponto. Mas também se observa nesta classe (TABELA 5), que tanto a primavera como o verão do primeiro período, apresentam em todos os pontos temperaturas acima de 30 °C. Estas temperaturas elevadas podem ser consequência do fato de que a data da imagem de 04/12/2013, corresponde ao final da primavera, momento em que a estação já apresenta características semelhantes às do verão.

A influência do *NDVI* no ponto 1.1 pode ser observada comparando os dados de verão de 2014 e 2021, que apesar de apresentarem médios índices tiveram diferença de 0.08 entre eles. Assim, o verão de 2014 com *NDVI* de 0.42 registrou 30,74 °C, enquanto o verão de 2021 com *NDVI* 0.50 registrou 24,69 °C, ou seja, nota-se que em 2021 o índice de 0.08 a mais na vegetação resultou em 6,05 °C a menos na temperatura.

No ponto 5.4, a relação do *NDVI* com a TST pode ser observada nos dados de outono e inverno ao longo dos nove anos. No outono, os dados em 2013 mostram *NDVI* de 0.35 com 20,72 °C, enquanto 2021 apresenta *NDVI* de 0.18 com 22,06 °C, quando houve acréscimo de 1,34 °C para um índice 0.17 menor no *NDVI*. No inverno, os dados mostram em 2013 *NDVI* de 0.14 com 23,13 °C, enquanto 2021 apresenta *NDVI* de 0.10 com 26,01 °C, quando nota-se o acréscimo de 2,88 °C para um índice 0.04 menor no *NDVI*.

O P 5.5, local com superfície alterada de campo para área construída, apresentou no *NDVI* do primeiro período índices entre 0.16 e 0.35, enquanto o segundo período teve índices entre 0.14 e 0.22, ou seja, o *NDVI* se apresenta menor em 2021. Quanto à TST, no primeiro período sua variação foi de 22,80 °C a 33,60 °C, da qual as menores temperaturas aconteceram nos meses mais frios de outono e inverno, enquanto no segundo período sua variação foi de 24,79 °C a 29,97 °C, da qual as menores temperaturas aconteceram no outono e na primavera. A ocorrência desse grau de temperatura na primavera, neste caso, aconteceu junto ao índice de 0.22 que foi o terceiro maior *NDVI* para este ponto ao longo dos nove anos.

Os pontos 5.7 e 5.8, caracterizados como área construída com superfície de gramínea, que são os campos de futebol, mostram influência da época do ano e da orientação de vertente no resultado de seus dados. No outono de 2021, o P 5.7 com vertente à sul e *NDVI* de 0.28 registrou 21,93 °C, enquanto o P 5.8 com vertente à

norte e *NDVI* de 0.34 registrou 22,50 °C, então houve uma elevação de 0,57 °C na vertente norte, mesmo havendo nela um índice de 0.06 maior no *NDVI* em comparação com a vertente sul.

O ponto 6.1 durante o primeiro período apresenta temperaturas abaixo de 26 °C para o outono e inverno, enquanto no segundo período as TSTs são de 24,03 °C no outono e 27,40 °C no inverno. Para as estações mais quentes do ano, o ponto 6.1 apresenta temperaturas acima de 30 °C, com exceção da primavera de 2021 que registrou 26,97 °C.

Também foi observado os dados do ponto 6.1 em comparação com os dados do ponto 5.7 nas datas do primeiro período, para analisar a influência da orientação de vertente. No primeiro período, as temperaturas do P 6.1 se apresentaram menores que as do P 5.7 porque pode ser consequência do fato de que a superfície está na área que se localiza a Bica d'Água da cidade, assim o seu solo pode estar se apresentando com mais umidade. As observações sobre estes dois pontos quanto à orientação de vertente são descritas a seguir.

No outono de 2013 o ponto 5.7 de vertente sul registrou 22,96 °C com *NDVI* de 0.37, enquanto o ponto 6.1 de vertente norte registrou 21,90 °C com *NDVI* de 0.39. Assim a vertente ao sul apresentou TST mais alta de 1,06 °C, com *NDVI* de 0.02 menor no índice, em comparação à vertente norte.

No inverno de 2013 o ponto 5.7 de vertente sul registrou 24,29 °C com *NDVI* de 0.25, enquanto o ponto 6.1 de vertente norte registrou 25,44 °C com *NDVI* de 0.27, quando houve elevação de 1,15 °C na vertente norte mesmo havendo nela índice de 0.02 a mais no *NDVI*.

Na primavera de 2013 o ponto 5.7 de vertente sul registrou 36,62 °C com *NDVI* de 0.43, enquanto o ponto 6.1 de vertente norte registrou 32,46 °C com *NDVI* de 0.46. Assim a vertente ao sul apresentou TST de 4,16 °C mais alta, mas com *NDVI* de 0.03 menor no índice.

Por fim, no verão de 2014 o ponto 5.7 de vertente sul registrou 34,57 °C com *NDVI* de 0.40, enquanto o ponto 6.1 de vertente norte registrou 31,81 °C com *NDVI* de 0.42. Assim a vertente ao sul apresentou TST de 2,76 °C mais alta, porém com *NDVI* de 0.02 menor no índice.

TABELA 5 – Valores extraídos do mapa da TST e do NDVI para os usos área construída, campo e solo exposto

P	Orient. de vertente	Variável	Out. 24/04 2013	Inv. 30/08 2013	Prim. 04/12 2013	Verão 06/02 2014	Verão 09/02 2021	Out. 30/04 2021	Inv. 20/08 2021	Prim. 24/11 2021
1.1	N	TST	22,36	26,48	31,63	30,74	24,69	20,90	32,25	20,26
		NDVI	0.40	0.29	0.50	0.42	0.50	0.43	0.03	0.47
5.4	L	TST	20,72	23,13	34,32	32,62	26,62	22,06	26,01	27,31
		NDVI	0.35	0.14	0.40	0.37	0.40	0.18	0.10	0.14
5.5	O	TST	22,80	26,36	33,60	32,53	29,97	24,79	26,35	25,11
		NDVI	0.35	0.16	0.35	0.34	0.18	0.14	0.14	0.22
5.7	S	TST	22,96	24,29	36,62	34,57	30,41	21,93	25,57	27,31
		NDVI	0.37	0.25	0.43	0.40	0.40	0.28	0.19	0.31
5.8	N	TST	24,53	26,03	36,30	34,47	29,48	22,50	25,78	24,86
		NDVI	0.34	0.27	0.47	0.42	0.48	0.34	0.20	0.35
6.1	N	TST	21,90	25,44	32,46	31,81	32,70	24,03	27,40	26,97
		NDVI	0.39	0.27	0.46	0.42	0.09	0.08	0.08	0.13

Fonte: A pesquisa.

Notas: TST (Temperatura de Superfície Terrestre em °C). NDVI (Índice de Vegetação). P (ponto). Anos de 2013, 2014 e 2021. N (norte); S (sul); L (leste); O (oeste).

A seguir lista-se os dados de cultivo, classificados a partir do número 2, que apresentam grande variação em sua superfície quanto ao *NDVI* ao longo do período analisado. A análise do índice *NDVI* é realizada utilizando como referência a variação de vegetação da própria classe, com característica própria, que abrange desde solo exposto no entressafras com baixo *NDVI* até a vegetação bem desenvolvida que atinge alto índice. No geral o *NDVI* apresentou índice entre 0.13 e 0.66, com média de 0.35, enquanto a TST geral variou entre 19,02 °C e 41,65 °C, com média de 25,96 °C (TABELA 6).

No primeiro período o *NDVI* variou entre 0.13 e 0.66 com média de 0.36, e no segundo período variou entre 0.13 e 0.62 com média de 0.34. Os maiores *NDVIs* aconteceram no verão de 2021, quando os índices se apresentam a partir de 0.60 para mais, ou seja, ficam entre médio e alto índice *NDVI*. Enquanto a TST, no primeiro período variou entre 20,94 °C e 41,65 °C com média de 27,83 °C, e no segundo

período variou entre 19,02 °C e 30,80 °C com média de 24,08 °C. As menores TSTs aconteceram no verão de 2021, quando as temperaturas se apresentam abaixo de 22 °C acompanhadas de seus maiores índices de vegetação, conforme indicado anteriormente.

Entre os dois períodos, as maiores temperaturas que se destacam estão registradas acima de 40 °C, que são o ponto 2.2 na primavera de 2013 com 41,65 °C e *NDVI* de 0.13, e o ponto 2.4 no verão de 2014 com 40,69 °C e *NDVI* de 0.21. Nota-se aí que ambos os dois índices são baixos pois estão menores que 0.21, além de que a média do *NDVI* para cada período foi maior do que 0.30, então são TSTs altas acompanhadas de *NDVI*s baixos. No entanto as menores temperaturas que se destacam entre os dois períodos estão menores que 20 °C, que são o ponto 2.1 no verão de 2021 com 19,02 °C e *NDVI* de 0.62, e o ponto 2.2 também no verão de 2021 com 19,16 °C e *NDVI* de 0.61. Se observa que aqui são *NDVI*s médios, próximos da escala de alto *NDVI* (a partir de 0.66), além de que estão maiores que a média de *NDVI* de cada período. Portanto, estes últimos índices *NDVI* acompanharam as baixas TSTs, que aconteceram no verão de 2021. Conforme análise nos mapas de apoio, foi observado que o P 2.2 na primavera de 2013 e o P 2.4 no verão de 2014 apresentam solo exposto no entressafra, enquanto o P 2.1 e o P 2.2 no verão de 2021 apresentam vegetação bem desenvolvida.

No verão de 2021 ainda é possível observar a variação na temperatura relacionada ao fator orientação de vertente, nos pontos 2.2 e 2.4, que apresentam temperatura na casa dos 19 °C e *NDVI* com índices parecidos. O ponto 2.2 à sudeste registra 19,16 °C com *NDVI* de 0.61, enquanto o ponto 2.4 à norte registra 19,64 °C com *NDVI* de 0.62. Então se verifica que apesar dos pontos estarem na mesma data e ter *NDVI*s próximos com apenas um número de diferença, a orientação à norte ainda apresenta 0,48 °C a mais na temperatura.

O P 2.1 no primeiro período registra temperaturas de 22,32 °C a 32,29 °C, e variação de 0.28 a 0.48 no *NDVI*. Aqui, a menor TST de 22,32 °C esteve acompanhada de 0.47 que é o maior *NDVI* para este ponto neste período, além de ter ocorrido no outono quando há dias mais frios. Mas a maior TST do P 2.1 no primeiro período também esteve acompanhada de um alto *NDVI*, com índice de 0.48 e TST de 32,29 °C, porém ocorreu na primavera que tem dias mais quentes.

O P 2.1 no segundo período registra temperaturas entre 19,02 °C e 30,80 °C, e variação de 0.15 a 0.62 no *NDVI*. Se observa que o maior índice de vegetação no

segundo período teve um índice 0.14 mais alto que o maior *NDVI* do primeiro período, por isso no segundo período é possível verificar menores TSTs. Os maiores *NDVIs* de cada período do P 2.1 aconteceram no verão, sendo que em 2014 o *NDVI* de 0.48 registra 29,88 °C, e em 2021 o *NDVI* de 0.62 registra 19,02 °C. Então, ao comparar o primeiro e o segundo período do verão no P 2.1, observa que em 2021 a diferença de 0.14 a mais no *NDVI* apresenta 10,86 °C mais baixo que o de 2014.

Na primavera de 2013, a comparação entre os dados do P 2.2 com o P 2.5 mostra que há uma diminuição no valor da temperatura à medida que aumenta o índice de vegetação. Pois a primavera do P 2.2 apresenta TST de 41,65 °C para 0.13 de *NDVI*, enquanto a primavera do P 2.5 apresenta TST de 30,05 °C para 0.51 de *NDVI*.

Os pontos 2.3 e 2.4 no outono de 2021 com 0.15 em seus índices de vegetação, apresentam uma pequena variação na temperatura. O P 2.3 com vertente de orientação a sul registra 22,83 °C e o P 2.4 de orientação à norte registra 22,93 °C, então mesmo com *NDVIs* iguais ainda há uma elevação de 0,10 °C na orientação à norte.

TABELA 6 – Valores extraídos do mapa da TST e do *NDVI* para o uso cultivo (continua)

P	Orient. de vertente	Variável	Out. 24/04 2013	Inv. 30/08 2013	Prim. 04/12 2013	Verão 06/02 2014	Verão 09/02 2021	Out. 30/04 2021	Inv. 20/08 2021	Prim. 24/11 2021
2.1	NE	TST	22,32	28,28	32,29	29,88	19,02	28,02	29,10	30,80
		<i>NDVI</i>	0.47	0.28	0.48	0.48	0.62	0.15	0.23	0.24
2.2	SE	TST	25,36	26,62	41,65	28,17	19,16	25,26	27,05	29,26
		<i>NDVI</i>	0.13	0.20	0.13	0.51	0.61	0.16	0.20	0.20
2.3	S	TST	24,19	23,08	35,34	23,10	20,51	22,83	19,34	27,30
		<i>NDVI</i>	0.21	0.33	0.25	0.60	0.60	0.15	0.45	0.26
2.4	N	TST	25,02	20,94	22,34	40,69	19,64	22,93	22,93	22,96
		<i>NDVI</i>	0.31	0.32	0.66	0.21	0.62	0.15	0.28	0.41
2.5	S	TST	25,14	22,98	30,05	29,23	21,74	26,17	23,41	24,24
		<i>NDVI</i>	0.21	0.33	0.51	0.48	0.62	0.13	0.30	0.44

Fonte: A pesquisa.

Notas: TST (Temperatura de Superfície Terrestre em °C). *NDVI* (Índice de Vegetação). P (ponto). Anos

(conclusão)

de 2013, 2014 e 2021. NE (nordeste); SE (sudeste); S (sul); N (norte).

Os pontos classificados a partir do número 3 correspondem a áreas de mata nativa, que apresentam locais sem alteração significativa na superfície, pois as matas permaneceram fixas durante o período de análise. Assim observa-se variação apenas na densidade foliar de acordo com a estação, pois os índices *NDVI* se apresentam menores no outono e inverno, e por outro lado se apresentam maiores na primavera e verão. Já os pontos classificados a partir do número 4 correspondem a áreas de silvicultura, e apresenta uma baixa no *NDVI* apenas na primavera de 2021 com índice de 0.14, enquanto os demais índices na área de silvicultura se apresentam acima de 0.32. As áreas de mata nativa e silvicultura apresentam características parecidas quanto à cobertura de superfície, são florestas que criam bastante cobertura vegetal devido ao volume resultante de suas copas com grande número de folhas, por isso foram juntamente agrupadas (TABELA 7).

Esta classe no primeiro período apresenta *NDVI* com índices de 0.32 a 0.59, enquanto a TST registra temperaturas entre 16,59 °C e 27,94 °C. No segundo período o *NDVI* apresenta índices de 0.21 a 0.54, enquanto a TST registra temperaturas entre 16,75 °C e 28,98 °C. Sobre as médias para estes dados, foi registrado no primeiro período índice médio de 0.45 com TST média de 21,93 °C, enquanto no segundo período o índice médio foi de 0.40 com TST média de 20,63 °C.

No inverno de 2013 o *NDVI* entre 0.32 e 0.44 registrou temperaturas entre 16,97 °C e 19,96 °C, enquanto o inverno de 2021 com *NDVI* entre 0.21 e 0.36 registrou temperaturas entre 21,24 °C e 23,39 °C. Observa-se que referente ao inverno, os índices *NDVI* maiores em 2013 resultam em temperaturas menores comparadas às TSTs de 2021.

Ponderou-se os dados da TST e *NDVI* dos pontos 4.1 ao sul e 4.3 à norte a fim de observar a influência da orientação de vertente na variação dos dados ao longo do período de análise, conforme descrito a seguir.

No verão de 2014 a vertente sul registra 23,82 °C com índice de 0.52, enquanto a vertente norte registra 24,82 com índice de 0.45, então a vertente norte apresenta elevação de 1 °C na TST acompanhada de índice 0.07 menor no *NDVI*.

No verão de 2021 a vertente sul registra 19,31 °C com índice de 0.54, enquanto a vertente norte registra 20,53 °C com índice de 0.49, então a vertente norte apresenta elevação de 1,22 °C na TST acompanhada de índice 0.05 menor no *NDVI*.

No outono de 2013 a vertente sul registra 16,59 °C com índice de 0.48, enquanto a vertente norte registra 17,06 °C com índice de 0.39, então a vertente norte apresenta elevação de 0,47 °C na TST acompanhada de índice 0.09 menor no *NDVI*.

No outono de 2021 a vertente sul registra 17,45 °C com índice de 0.47, enquanto a vertente norte registra 17,11 °C com índice de 0.44, neste caso a vertente norte apresenta diminuição de 0,34 °C apesar do índice de 0.03 menor no *NDVI*.

No inverno de 2013 a vertente sul registra 16,97 °C com índice de 0.43, enquanto a vertente norte registra 17,86 °C com índice de 0.38, então a vertente norte apresenta elevação de 0,89 °C com índice de 0.05 menor no *NDVI*.

No inverno de 2021 a vertente sul registra 21,24 °C com índice de 0.32, enquanto a vertente norte registra 22,18 °C com índice de 0.33, então a vertente apresenta elevação de 0.94°C com índice de 0.01 maior no *NDVI*.

Na primavera de 2013 a vertente sul registra 24,84 °C com índice de 0.53, enquanto a vertente norte registra 24,87 °C com índice de 0.44, então a vertente norte apresenta elevação de 0.03 °C com índice de 0.09 menor no *NDVI*.

Por fim, na primavera de 2021 a vertente sul registra 28,98 °C com índice de 0.14 enquanto a vertente norte registra 23,17 °C com índice de 0.40, neste caso a vertente norte apresenta diminuição de 5,81 °C com índice de 0.26 menor no *NDVI*.

Então observa-se que na maioria dos casos as vertentes voltadas ao norte também apresentaram menores índices de vegetação junto à elevação da temperatura, portanto nesta classe a relação da variação de temperatura ficou atrelada aos dois critérios. Há entretanto exceção de duas datas, que são o outono e a primavera de 2021, nas quais a vertente norte apresenta diminuição na TST apesar de seu *NDVI* também se apresentar menor em comparação com a vertente sul. De todo o período é possível dizer que no inverno de 2021 o ponto 4.3 recebeu unicamente influência da sua orientação a norte na vertente, pois apresentou elevação de 0.03 °C mesmo com índice maior de 0.01 no *NDVI*.

Comparou-se o dado da TST desta classe de vegetação densa com a TST de outra área oposta, como a de malha urbana, a fim de observar a influência da vegetação no comportamento da temperatura. Assim, a maior TST extraída em mata nativa e silvicultura foi 27,94 °C com índice *NDVI* de 0.47 na primavera de 2013, enquanto a maior TST registrada em área construída foi 39,10 °C com índice *NDVI* de 0.22 também na primavera de 2013 (TABELA 8).

TABELA 7 – Valores extraídos do mapa da TST e do NDVI para os usos mata nativa e silvicultura

P	Orient. de vertente	Variável	Out. 24/04 2013	Inv. 30/08 2013	Prim. 04/12 2013	Verão 06/02 2014	Verão 09/02 2021	Out. 30/04 2021	Inv. 20/08 2021	Prim. 24/11 2021
3.1	L	TST	17,23	18,48	25,37	25,11	21,03	17,22	23,39	17,57
		NDVI	0.47	0.43	0.59	0.53	0.50	0.42	0.27	0.49
3.2	SE	TST	19,30	19,96	27,94	27,41	23,28	17,85	22,63	21,33
		NDVI	0.34	0.32	0.47	0.40	0.40	0.32	0.21	0.39
3.3	NE	TST	17,94	20,18	26,58	26,44	22,06	17,84	22,33	21,94
		NDVI	0.40	0.34	0.52	0.47	0.46	0.38	0.26	0.45
4.1	S	TST	16,59	16,97	24,84	23,82	19,31	17,45	21,24	28,98
		NDVI	0.48	0.43	0.53	0.52	0.54	0.47	0.32	0.14
4.2	NE	TST	16,99	18,93	26,48	25,11	19,83	16,75	21,90	18,30
		NDVI	0.41	0.44	0.49	0.50	0.52	0.48	0.36	0.44
4.3	N	TST	17,06	17,86	24,87	24,82	20,53	17,11	22,18	23,17
		NDVI	0.39	0.38	0.44	0.45	0.49	0.44	0.33	0.40

Fonte: A pesquisa.

Notas: TST (Temperatura de Superfície Terrestre em °C). NDVI (Índice de Vegetação). P (ponto). Anos de 2013, 2014 e 2021. L (leste); SE (sudeste); NE (nordeste); S (sul); N (norte).

A seguir foram representados valores extraídos em área construída, na qual os índices de vegetação variaram entre 0.07 e 0.27, com *NDVI* médio de 0.16, e as TSTs variaram entre 22,73 °C e 39,10 °C, com TST média de 28,62 °C (TABELA 8).

O ponto 5.1 em vertente norte, com área construída correspondente a um colégio ao longo dos nove anos, no primeiro período registrou temperaturas entre 24,99 °C e 39,10 °C com índice máximo de 0.22. Em 2013 e 2014 as menores temperaturas coincidiram com os meses mais frios e com os menores índices na vegetação. Como se verifica no outono o registro de 24,99 °C com *NDVI* de 0.18, e o inverno com 25,99 °C e *NDVI* de 0.10. Enquanto as maiores temperaturas do primeiro período se apresentam acompanhadas dos maiores índices de vegetação para este ponto, o qual registra na primavera 39,10 °C com *NDVI* de 0.22, e no verão 36,74 °C com *NDVI* de 0.22.

O segundo período do ponto 5.1 registra temperaturas entre 23,09 °C e 32,49

°C com índice máximo de 0.23. O *NDVI* que acompanha a maior e a menor temperatura apresenta índices iguais de 0.23, junto ao qual o verão registra a maior TST com 32,49 °C, enquanto a primavera registra a menor TST com 25,49 °C. A temperatura da primavera se apresentou apenas 0,28 °C menor que a TST de inverno.

Na primavera, o ponto 5.1 registra em 2013 TST de 39,10 °C e *NDVI* de 0.22, enquanto em 2021 registra 25,49 °C e *NDVI* de 0.23. Houve uma grande variação na temperatura para uma pequena diferença no índice de vegetação, ou seja, foram 13,61 °C para uma diferença de 0.01 no índice *NDVI*. Com um baixo índice de vegetação e orientação à norte, o P 5.1 nesta data recebeu maior influência da estação do ano.

O ponto 5.2 é área construída, que no primeiro período apresentou solo exposto nas datas 24/04/2013 e 30/08/2013, porém maior índice de vegetação nas datas 04/12/2013 e 06/02/2014, enquanto a partir do segundo período já apresenta construção em sua superfície. A TST apresenta variação entre 23,47 °C e 36,50 °C, enquanto o índice fica entre 0.11 e 0.27, mas para este ponto as maiores TSTs estão acompanhadas dos maiores índices *NDVI*.

Devido às maiores TSTs do ponto 5.2 terem sido extraídas da primavera e verão de 2013, observou-se o comportamento da temperatura nestas mesmas datas para os demais pontos desta classe. Observa-se que há um padrão de registro com altas temperaturas para todos os pontos, que se apresentam acima de 34 °C nas datas 04/12/2013 e 06/02/2014.

No inverno de 2013 os pontos 5.2 e 5.3 apresentam índices iguais de 0.13 no *NDVI*, mas enquanto o P 5.3 de vertente sul registra 22,81 °C, o P 5.2 de vertente norte registra 23,47 °C, então se observa uma elevação de 0,66 °C graus maior na vertente norte.

O ponto 5.3 apresenta área construída em sua superfície ao longo dos nove anos, sendo que a vegetação presente indica a arborização das calçadas e quintais. Como não houve alteração de área neste ponto, conforme analisado nos mapas de apoio, ponderou-se os seus dados a fim de observar sua variação decorrente da influência das estações do ano.

Assim, os dados extraídos da TST e *NDVI* no primeiro período registram o verão com 34,94 °C e 0.22, o outono com 22,81 °C e 0.19, o inverno com 22,73 °C e 0.13, e a primavera com 37,33 °C e 0.22. Enquanto no segundo período os dados registram o verão com 32,49 °C e 0.23, o outono com 23,09 °C e 0.17, o inverno com

24,74 °C e 0.12, e a primavera com 27,27 °C e 0.20 no *NDVI*.

No outono de 2013 observa-se a influência do fator orientação de vertente no comportamento da TST nos pontos 5.1 e 5.3 de orientações opostas. O ponto 5.3 à sul registra 22,81 °C com *NDVI* 0.19, enquanto o 5.1 à norte registra 24,99 °C com *NDVI* de 0.18. Nota-se elevação de 2,18 °C na vertente norte com seu índice de 0.01 menor no *NDVI*.

Ainda no outono de 2013 comparou-se os pontos 5.3 e 5.2, também de orientações opostas. O ponto 5.2 à norte registra 23,47 °C com *NDVI* de 0.15, então também se observa na TST uma elevação, que foi de 0,66 °C na vertente norte com seu índice de 0.04 menor no *NDVI*.

Já no outono de 2021, os pontos 5.1 e 5.3 apresentaram o mesmo *NDVI* (0.17) e mesma temperatura de superfície (23,09 °C), o que fornece um indicativo padrão sobre a relação TST-*NDVI*.

Os dados dos pontos 5.1 e 5.3 no inverno de 2021 receberam influência apenas da orientação de vertente, sem somar o *NDVI*. O ponto 5.3 à sul registra 24,74 °C com *NDVI* 0.12, enquanto o ponto 5.1 a norte registra 25,77 °C com *NDVI* 0.15, então nota-se elevação de 1,03 °C na vertente norte, mesmo havendo nela índice maior de 0.03 no *NDVI*.

O ponto 5.6 também apresenta área construída ao longo do período de análise, sem alteração de área em sua superfície. No primeiro período o *NDVI* de outono e inverno tem índices iguais de 0.07 acompanhados de temperaturas abaixo de 26 °C. E na primavera e verão os índices permanecem iguais em 0.09, acompanhados de temperaturas acima de 36 °C. Enquanto no segundo período as temperaturas se apresentam mais amenas em comparação com o primeiro período, pois se apresentam entre 22,95 °C e 33,85 °C, apesar de apresentar índice *NDVI* parecido com o do primeiro período.

Em todos os pontos desta classe, observa-se que a variação nos dados da TST acompanha a tendência de temperatura esperada para os meses mais quentes e para os meses mais frios.

TABELA 8 – Valores extraídos do mapa da TST e do NDVI para o uso área construída

P	Orient. de vertente	Variável	Out. 24/04 2013	Inv. 30/08 2013	Prim. 04/12 2013	Verão 06/02 2014	Verão 09/02 2021	Out. 30/04 2021	Inv. 20/08 2021	Prim. 24/11 2021
5.1	N	TST	24,99	25,81	39,10	36,74	32,49	23,09	25,77	25,49
		NDVI	0.18	0.10	0.22	0.22	0.23	0.17	0.15	0.23
5.2	N	TST	23,47	25,51	36,36	36,50	29,55	21,55	23,91	25,19
		NDVI	0.15	0.13	0.27	0.27	0.19	0.14	0.11	0.19
5.3	S	TST	22,81	22,73	37,33	34,94	32,49	23,09	24,74	27,27
		NDVI	0.19	0.13	0.22	0.22	0.23	0.17	0.12	0.20
5.6	N	TST	23,43	25,19	38,81	36,58	33,85	22,95	26,18	27,88
		NDVI	0.07	0.07	0.09	0.09	0.08	0.06	0.07	0.11

Fonte: A pesquisa.

Notas: TST (Temperatura de Superfície Terrestre em °C). NDVI (Índice de Vegetação). P (ponto). Anos de 2013, 2014 e 2021. N (norte); S (sul).

3.2 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE ÁREAS

Os mapas apresentados a seguir são produtos do processamento das imagens do satélite *LANDSAT-8* conforme descrito na metodologia, e são uma ferramenta para auxiliar na análise da área de estudo. Então, nas figuras dispostas adiante, os mapas auxiliam a visualizar a abrangência das altas e baixas temperaturas nos dados de TST, assim como a variação na densidade da vegetação. No entanto é preciso olhar com atenção a escala de valores que acompanha cada mapa de TST e NDVI, pois apesar de utilizarem a mesma paleta de cores, a mesma cor em cada mapa representa diferentes intervalos de valores.

As figuras são apresentadas iniciando pelos mapas da TST no verão de 2014 e 2021, em seguida estão os mapas do NDVI no verão de 2014 e 2021. Os mapas foram dispostos de forma a facilitar a observação dos dois períodos analisados. Assim, a apresentação dos mapas segue esta mesma ordem, da variação dos dados no primeiro e segundo período de uma mesma estação do ano, conforme as demais datas que sequenciam o outono, o inverno e a primavera.

Para comparar as temperaturas a seguir, foi extraída a média da TST dentro das áreas circuladas, nos seus locais que apresentam modificação de dados de um

ano para outro. O mesmo procedimento foi realizado desta forma para todas as áreas circuladas.

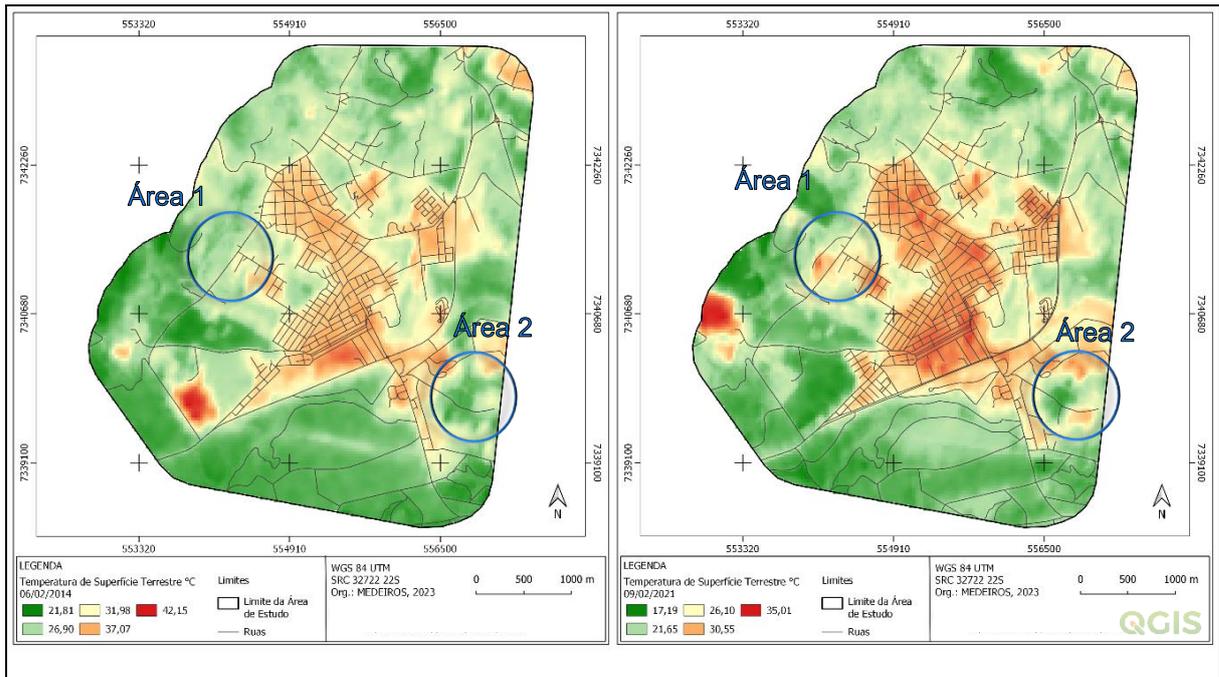
Nos mapas da TST de verão, onde estão destacadas as áreas 1 e 2 (FIGURA 5), observou-se o comportamento da temperatura na superfície antes e depois de haver alteração no uso da terra. No verão as temperaturas se apresentam maiores em 2021 se comparadas a 2013, e isto pode estar relacionado ao aumento da densidade de área construída na malha urbana, que nesta data é possível distinguir melhor o seu crescimento.

A área 1 é um local de cultivo que, conforme análise nos mapas de apoio, em 2013 apresentou vegetação, mas em 2021 apresenta uma área que se aproxima de solo exposto, devido aquela vegetação estar pouco desenvolvida na borda noroeste, além de uma estrada que foi agregada junto ao local de plantação no segundo período (FIGURA 6). Ao analisar as modificações ocorridas na área 1, se verifica nos dados de verão, que 2014 registrou TST média de 27,66 °C com *NDVI* médio de 0.46, já 2021 registrou TST média de 29,84 °C com *NDVI* médio de 0.25.

A área 2, conforme análise, é um local de reflorestamento que apresenta vegetação bem desenvolvida em 2013. Mas em algum momento entre 2013 e 2021 foi realizada a extração da madeira, considerando que o ciclo deste produto florestal leva em torno de 7 anos, dependendo da espécie. Por isso se observa em 2021 temperaturas maiores acompanhadas de baixos índices *NDVI*, se comparada esta área com o primeiro período (FIGURA 6).

Assim, na porção norte da área 2 a TST média foi de 27,14 °C em 2014, mas apresentou elevação de 2,61 °C em 2021, quando sua média registrou 29,75 °C. Enquanto a porção sul da área 2 em 2014 registrou TST média de 25,80 °C, mas em 2021 apresentou elevação de 3,64 °C com TST média de 29,44°C (FIGURA 5).

FIGURA 5 – TST de verão dos anos 2014 e 2021



Fonte: FDBS, 2022; GOOGLE, 2022; OSMF, 2023; USGS, 2022.

FIGURA 6 – NDVI de verão dos anos 2014 e 2021



Fonte: FDBS, 2022; GOOGLE, 2022; OSMF, 2023; USGS, 2022.

No outono, a porção oeste da área 3 mostra a influência do período do ano nas temperaturas (FIGURA 7). Isto acontece porque a partir do início do outono (entre 20 e 22 de março), os dias começam a ficar mais curtos e as noites mais longas, por causa da inclinação do eixo de rotação terrestre, então começa a chegar menos

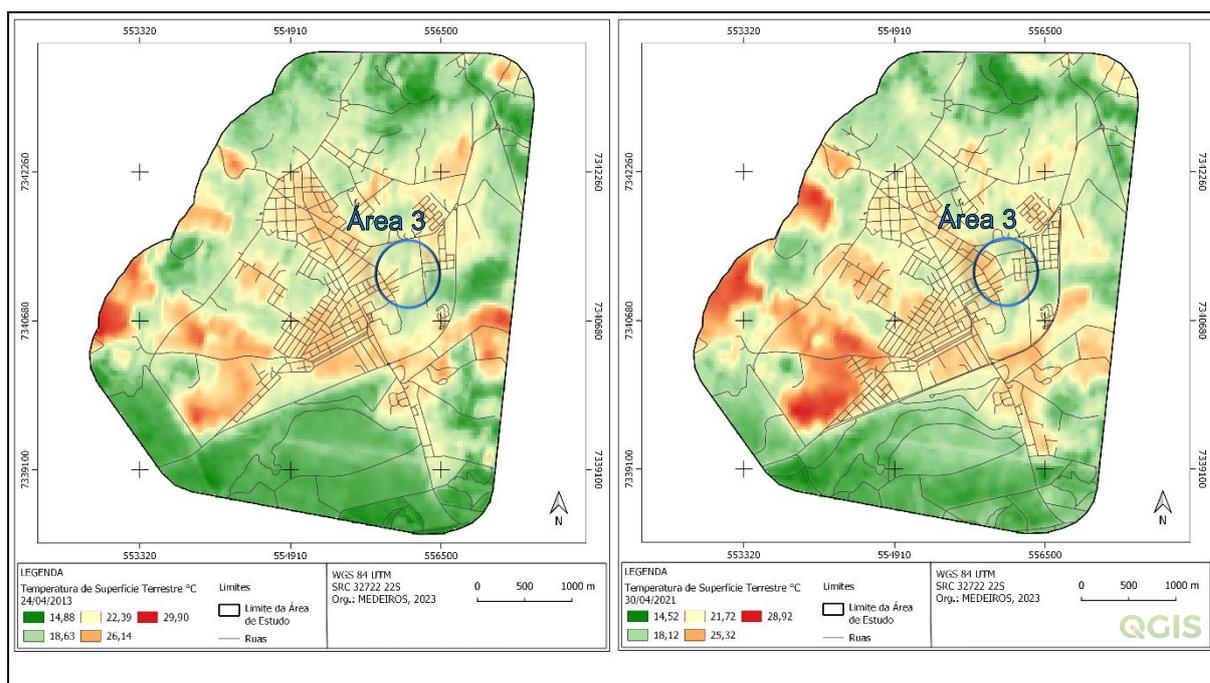
radiação solar na superfície terrestre que passa a ser menos aquecida. Além disso, o referido local se apresentou com área de campo em 2013 e predomínio de gramíneas com poucos arbustos, mas em 2021 apresenta modificação em sua superfície, quando se observa solo exposto e ruas abertas para a implantação de novos loteamentos (FIGURA 8).

Com base nos valores extraídos dos mapas, o outono registrou em 2013 TST média de 22,17 °C com índice *NDVI* de 0.41, enquanto em 2021 a TST média foi de 24,21 °C com índice *NDVI* de 0.08.

Quanto às demais datas do ano, as médias de TST e *NDVI* registradas para o verão em 2014 foi 31,83 °C com índice de 0.43 e 2021 foi 32,73 °C com índice de 0.11. As médias para o inverno foram em 2013 de 26,65 °C com índice de 0.28 e 2021 de 27,50 °C com índice de 0.09. As médias na primavera foram em 2013 de 32,77 °C com índice de 0.46 e 2021 de 27,03 °C com índice de 0.14.

Assim, ao analisar na porção oeste da área 3 a variação na média dos seus dados, verifica-se temperaturas menores em outono em comparação com as demais épocas do ano.

FIGURA 7 – TST de outono dos anos 2013 e 2021

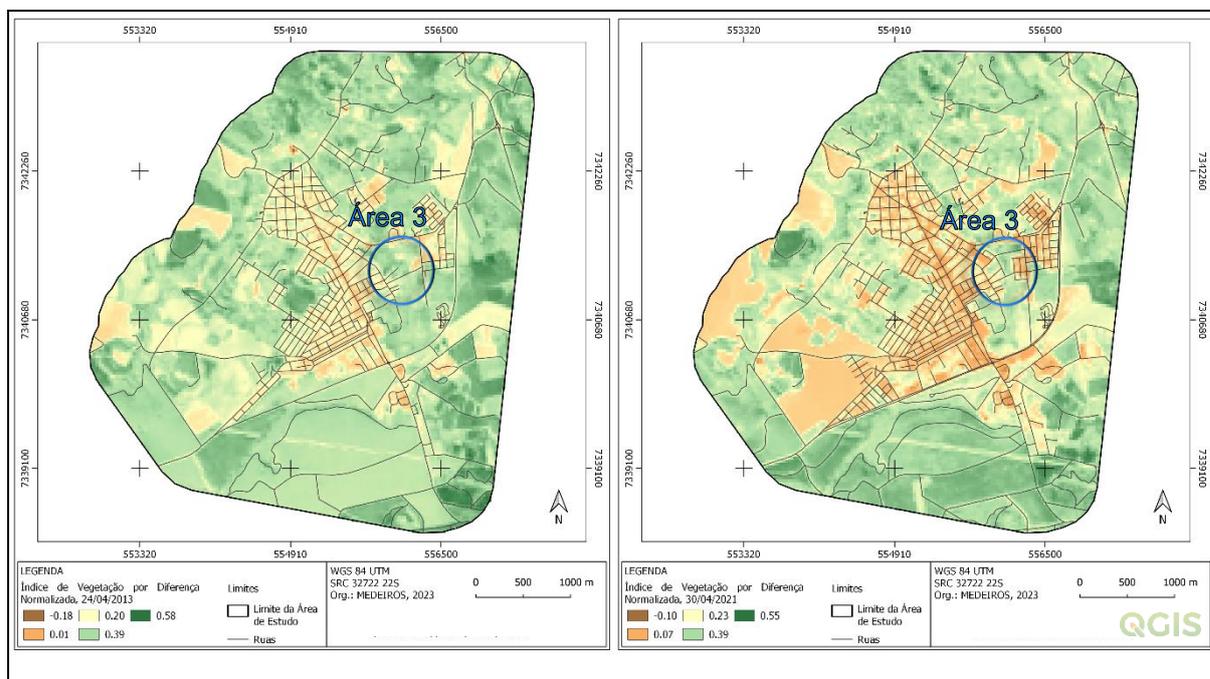


Fonte: FDBS, 2022; GOOGLE, 2022; OSMF, 2023; USGS, 2022.

O *NDVI* no outono de 2013 e 2021, assim como no verão de 2013 e 2021, permite diferenciar o que é área construída dos demais usos da terra, pois são as

datas que se apresenta mais visível crescimento urbano de 2013 para 2021. A área 3 onde houve abertura de ruas de 2013 para 2021, fica próxima à Bica D'água da cidade. No mapa *NDVI* fica bem destacado onde havia vegetação em 2013 e onde não há vegetação em 2021, que neste caso pode ser solo exposto ou solo com algum tipo de construção.

FIGURA 8 – NDVI de outono dos anos 2013 e 2021



Fonte: FDBS, 2022; GOOGLE, 2022; OSMF, 2023; USGS, 2022.

Os mapas da TST de inverno precisam ser observados com maior atenção, pois em 2013 apesar da escala de cores mostrar tons quentes em locais específicos da área de estudo, isto não significa que os valores sejam os mesmos em relação ao mapa de 2021. Os dados na TST de inverno, ao longo do período de análise, mostram em 2013 temperaturas entre 14,70 °C e 30,32 °C, enquanto 2021 fica entre 18,34 °C e 32,94 °C (FIGURA 9). Então a mínima e a máxima temperatura registradas no segundo período são maiores que as temperaturas de 2013, mesmo o mapa da TST de 2021 se apresentar em mais tons de verdes em comparação com o mapa da TST de 2013.

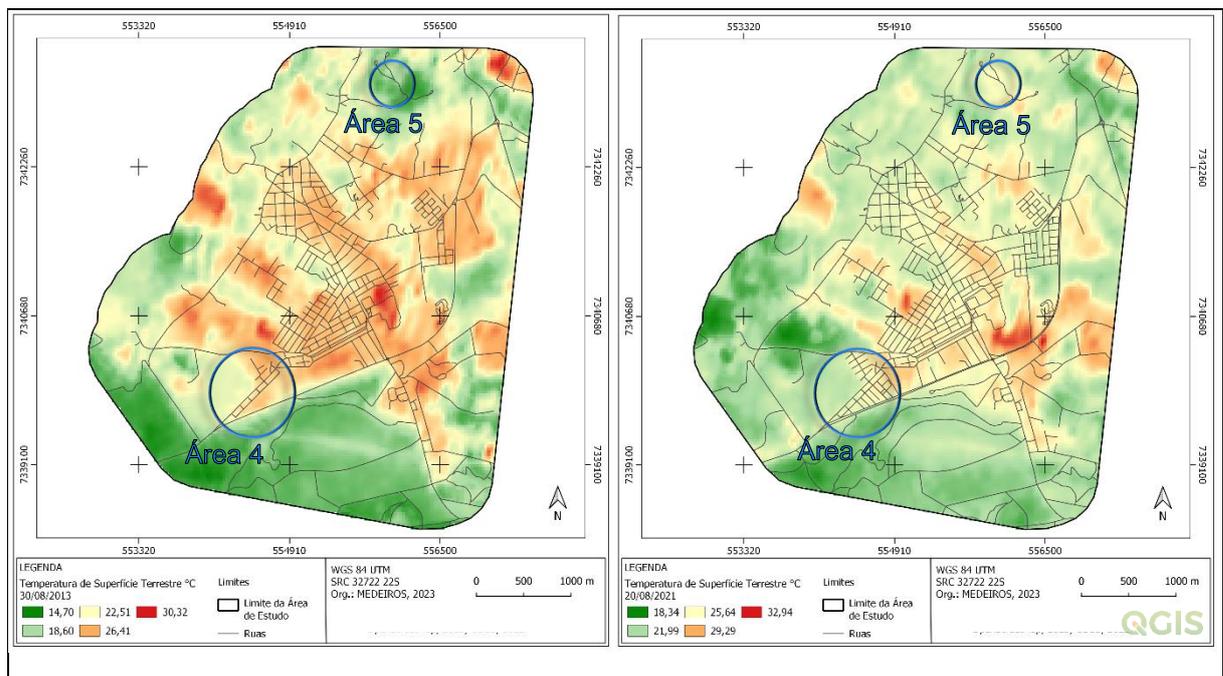
A área 4 destacada nos mapas, delimita o crescimento de dois segmentos na malha urbana, conforme se observa no traçado das ruas, dos quais o superior é chamado de segmento 1 e o inferior de segmento 2. Ambos foram analisados no inverno, quando também se identificou um local de cultivo à esquerda e de

reflorestamento abaixo do segmento 2.

No inverno, o segmento 1 cuja área coincide com o P 5.5, apresenta em 2013 TST média de 25,44 °C com *NDVI* médio de 0.14, mas no ano de 2021 apresenta TST média de 25,75 °C com *NDVI* médio de 0.12. Então houve elevação de 0.31 °C para um índice 0.02 menor de *NDVI* no segundo período.

Já o segmento 2 em seus dados de inverno, apresenta em 2013 TST média de 24,20 °C com *NDVI* médio de 0.16, mas no ano de 2021 apresenta TST média de 26,38 °C com *NDVI* médio de 0.11. Então houve elevação de 2,18 °C para um índice 0.05 menor de *NDVI* no segundo período.

FIGURA 9 – TST de inverno dos anos 2013 e 2021



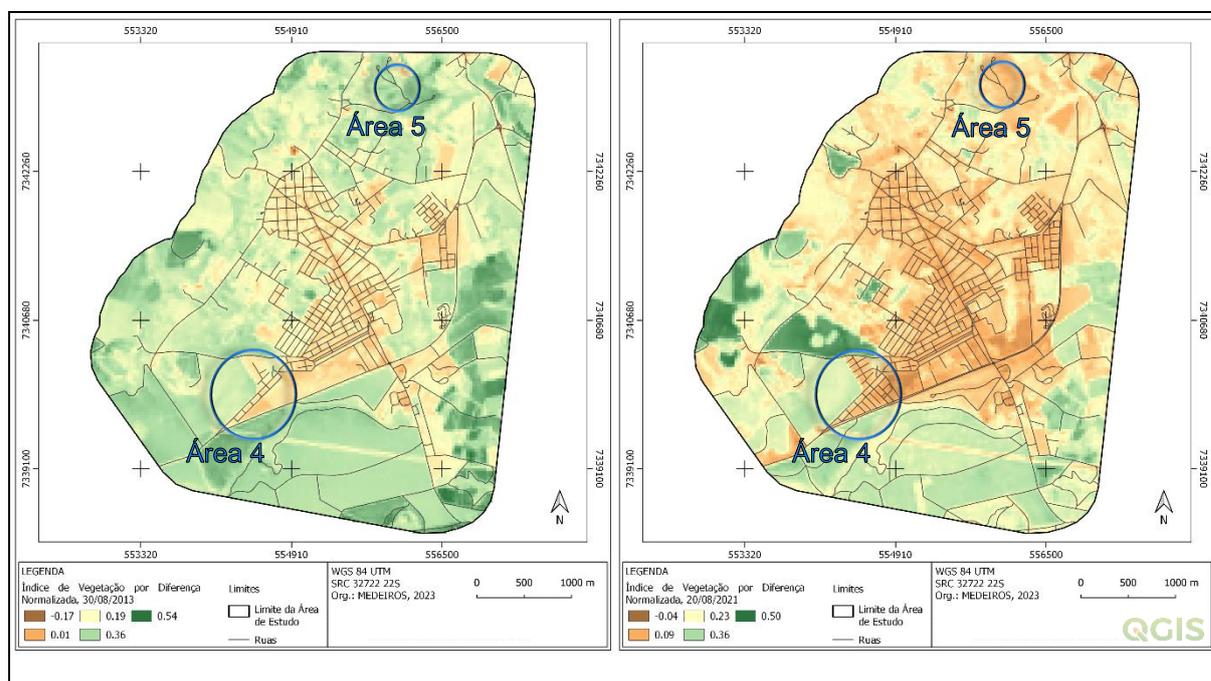
Fonte: FDBS, 2022; GOOGLE, 2022; OSMF, 2023; USGS, 2022.

Os mapas de *NDVI* representam em sua escala de cores a dinâmica que ocorre na superfície, principalmente nos locais com vegetação das áreas de cultivo e reflorestamento. Na data de inverno, devido ao estresse ambiental que ocorre nas plantas em decorrência de baixas temperaturas, o índice de vegetação tende a se apresentar mais baixo.

Porém na área 5 destacada no mapa (FIGURA 10), o baixo *NDVI* de 2021 indica o corte da madeira realizado no reflorestamento que estava presente no primeiro período. Assim, dos valores médios de inverno, para a área 5 foi extraído em 2013 TST média de 16,83 °C com *NDVI* médio de 0.37, enquanto em 2021 foi extraído

TST média de 25,23 °C com *NDVI* médio de 0.14. Então houve elevação de 8,4 °C na temperatura média conforme diminuição de 0.23 nos dados médios de *NDVI*.

FIGURA 10 – *NDVI* de inverno dos anos 2013 e 2021

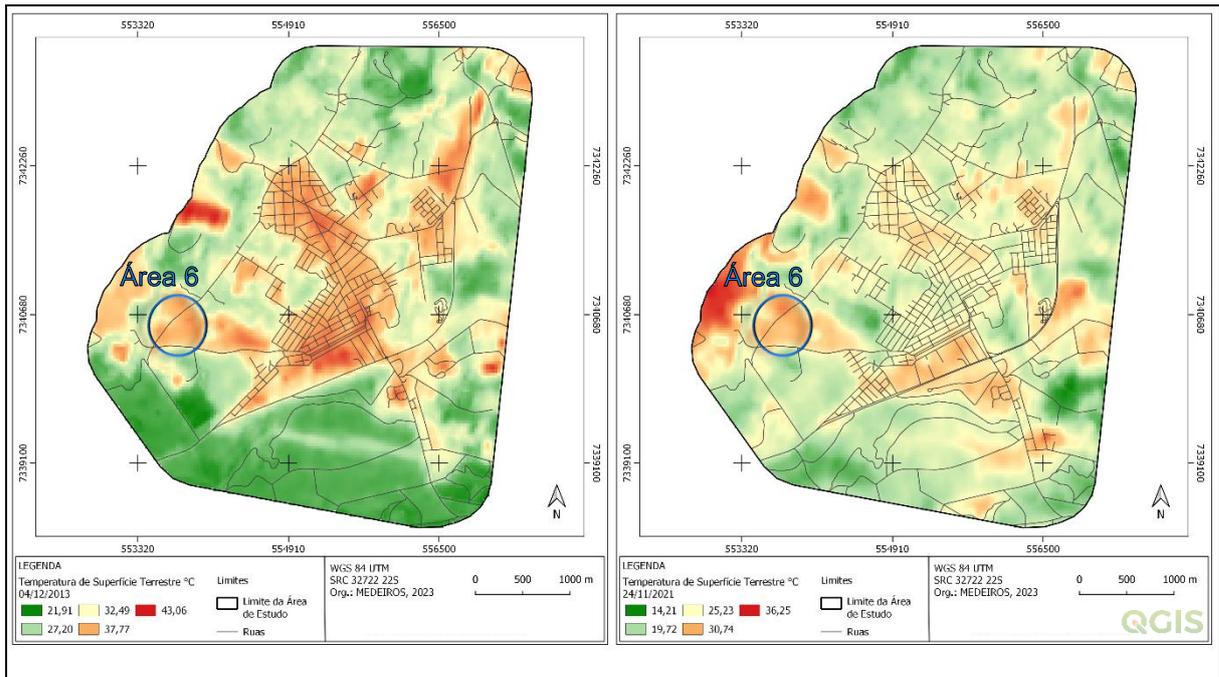


Fonte: FDBS, 2022; GOOGLE, 2022; OSMF, 2023; USGS, 2022.

Por fim, foi observado os dados de primavera numa área de cultivo, cuja superfície também apresenta uso dinâmico com grande variação na densidade de vegetação durante o ano, o que resulta em diferentes valores na escala de temperatura. Na data de primavera (FIGURA 11), foi observada a área 6 que coincide com o ponto 2.3, este posicionado de forma que correspondesse com a vertente sul, porém na análise de áreas o local de onde foi extraído os dados para esta data corresponde à parte central da área delimitada.

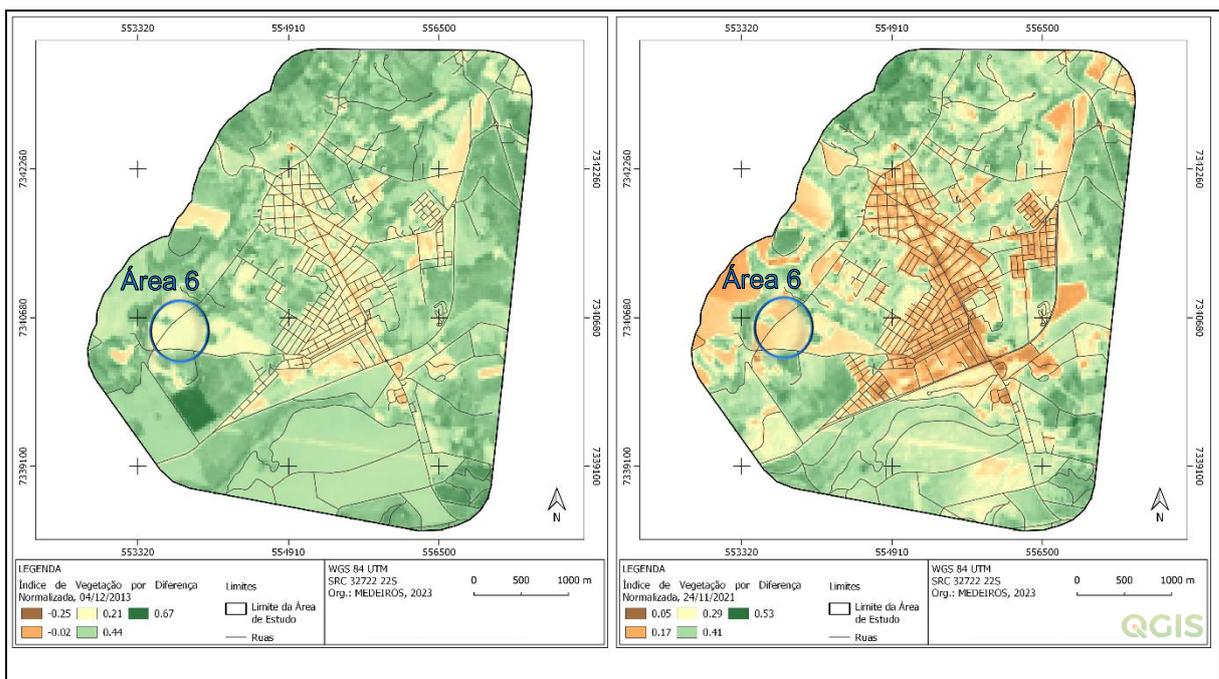
Assim, na primavera a área 6 apresenta em 2013 TST média de 37,51 °C com *NDVI* médio de 0.24, enquanto em 2021 a TST média é de 29,54 °C com *NDVI* médio de 0.26. Apesar da escala geral do mapa de *NDVI* (FIGURA 12) mostrar numericamente que o índice teve uma escala maior em 2013, o índice da área destacada no mapa se comportou de forma oposta, conforme se verificou nos dados. Assim, a elevação de 0.02 a mais no *NDVI* médio de 2021 acompanhou uma diminuição de 7,97 °C nos dados médios da TST da área 6.

FIGURA 11 – TST de primavera dos anos 2013 e 2021



Fonte: FDBS, 2022; GOOGLE, 2022; OSMF, 2023; USGS, 2022.

FIGURA 12 – NDVI de primavera dos anos 2013 e 2021



Fonte: FDBS, 2022; GOOGLE, 2022; OSMF, 2023; USGS, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo de analisar, na área urbana e rural de Curiúva-PR, o comportamento da TST que compreende os diferentes tipos de cobertura na superfície, citados na metodologia, foi realizado o processamento das imagens do *LANDSAT-8*. Para compreender a TST, a análise foi realizada com o apoio dos dados de *NDVI*, orientação de vertente, e *RGB* aliado ao *Google Earth*, além de considerar também as datas das imagens com características diferentes para cada estação do ano. Assim, a evolução no período de 2013 a 2021 dos dados extraídos permitiu identificar alguns padrões conforme as seguintes considerações.

As áreas que sofreram processo de urbanização na maioria das vezes apresentaram elevação de temperatura, como exemplifica o que aconteceu na área 4. Este local em 2013 apresenta início da implantação de novo loteamento, quando ainda não tinha sofrido o processo de urbanização. Mas ao longo dos nove anos de análise, esta região foi sendo ocupada e urbanizada, até chegar 2021 quando a maior parte da área já apresentava construções com ruas abertas. Este processo afetou o comportamento da variação nas temperaturas deste local, de forma que houve aumento na TST do segundo período.

No entanto em algumas áreas foi encontrado uma diminuição da temperatura mesmo diante do processo de urbanização, como exemplifica o ocorrido na primavera do ponto 5.5. No primeiro período o seu *NDVI*, somado aos mapas de apoio, indica ausência de área construída, que passou a existir no segundo período, quando mesmo assim a TST do local não se elevou apesar da diminuição no seu índice de vegetação.

Considerando os dados de declividade, se observou que áreas em vertente norte se mostram mais quentes. Mas também se verificou que as vertentes orientadas à norte tendem a apresentar menor índice de vegetação, como aconteceu no ponto 5.3 comparado aos pontos 5.1 e 5.2.

A estação do ano se mostra como um propulsor na elevação ou diminuição na temperatura da superfície, porque ela interfere na densidade de vegetação ocasionando assim a variação na TST. Então, a estação de inverno, por exemplo, pode apresentar superfícies com altas temperaturas, em locais com baixos índices *NDVI*, ocasionado pelo frio. Por outro lado, também pode acontecer interferência na variação da TST somente por parte da estação do ano, sem necessariamente haver

grande alteração no índice de vegetação. Isto pode ser verificado na primavera do ponto 5.1 entre os dois períodos, quando houve uma diminuição significativa na temperatura mesmo sem interferência do *NDVI*. Mas na maioria dos casos, foi observado o padrão esperado de maiores temperaturas concentradas no verão e primavera, e menores temperaturas no outono e inverno.

As alterações na cobertura da superfície, que resulta em diferentes tipos de áreas, também implicam em alterações na sua temperatura mesmo na zona rural, como se verifica no ocorrido da área 5, onde houve o corte da madeira no reflorestamento em 2021.

Também se ponderou as maiores e as menores temperaturas de cada classe, que são as áreas de campo, de cultivo, de mata nativa, de silvicultura, de construção, e de solo exposto.

Assim, nas áreas de campo as menores temperaturas se apresentam nas datas de outono, 2013 e 2021. Com exceção do ponto 1.2 na primavera de 2021, quando registra 20,26 °C devido ao alto índice de vegetação de 0.47. Já as suas maiores temperaturas ocorreram na primavera de 2013.

Em áreas de cultivo, as menores temperaturas são registradas no verão de 2021. Já as maiores na primavera de 2013.

Áreas de mata nativa apresenta as menores temperaturas nas datas de outono. Já as maiores ficam distribuídas na primavera e verão de 2021.

Áreas de silvicultura apresenta as menores temperaturas nas datas de outono. Já as maiores ficam distribuídas na primavera de 2013 e verão de 2014.

Em áreas construídas, as menores temperaturas se concentraram no outono de 2021. Já as maiores se concentraram na primavera de 2013.

Por fim, áreas de solo exposto registraram menores temperaturas também no outono de 2021. Enquanto as maiores ficaram distribuídas na primavera de 2013 e verão de 2014.

Também pontuou-se observar quanto à temperatura os três maiores e os três menores dados da TST para cada classe. Então foi observado que áreas de solo exposto, área construída e silvicultura tendem mais a apresentar temperaturas que combinam com as características de cada estação. Enquanto as áreas de cultivo, campo e mata nativa apresentam variações de temperatura que não refletem exatamente de acordo com a estação do ano.

Observou-se ainda que as variáveis utilizadas para análise da TST no

presente trabalho, não são suficientes para explicar todas as mudanças que ocorreram na TST da área de estudo. Seus dados extraídos auxiliaram a explicar muitos casos, mas não a todos, portanto conclui-se que há outras variáveis que interferem na variação da Temperatura de Superfície Terrestre. Infelizmente seria demasiado extenso pesquisar e abordar todas as variáveis que compreendem este aspecto do clima urbano para este trabalho de conclusão de curso. Mas conhecer a orientação de vertentes da cidade e identificar seus padrões de TST, auxilia no bom planejamento e distribuição estratégica dos componentes em uma cidade com objetivo de alcançar um bom conforto térmico.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, N. L. de. **Estudo de clima urbano**: uma proposta metodológica. Orientador: Prof^a Dr^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.
- AYOADE, J. O.; **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995. (Coleção Caminhos da Geografia).
- CHERLINKA, V. **NDVI FAQ: tudo o que você precisa saber sobre o índice**. EOS Data Analytics, 25 set. 2020. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/ndvi-faq/#:~:text=Como%20%C3%89%20Calculado%20O%20NDVI,%C3%A9%20uma%20luz%20vermelha%20vis%C3%ADvel>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- COLTRI, P. P.; VELASCO, G. D. N.; POLIZEL, J. L.; DEMETRIO, V. A.; FERREIRA, N. J. Ilhas de Calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. January 2007. **Anais XIII simpósio brasileiro de sensoriamento remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5151-5157. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228844287_Ilhas_de_Calor_da_estacao_de_inverno_da_area_urbana_do_municipio_de_Piracicaba_SP. Acesso em: 14 jul. 2022.
- CONAB. **Calendário de plantio e colheita de grãos no Brasil**. Safra 2019/2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/outras-publicacoes/item/download/36427_9534db174ba2bcddb8bad4be22818839. Acesso em: 21 dez. 2022.
- CRUZ, G. C. F. da. **Clima urbano de Ponta Grossa-PR**: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira. 2009. 366 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, 2009.
- CRUZ, G. C. F. da. Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais. *In*: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio natural dos Campos Gerais**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2014. p. 59-72.
- CURIÚVA. Lei nº 1178, de 12 de julho de 2012. Fixa a delimitação da zona urbana da cidade de Curiúva nos termos do artigo 9º, parágrafo único da lei municipal nº 730/2000 (Código Tributário do Município). **Prefeitura Municipal**: Curiúva, PR., 12 jul. 2012. 1 p.
- CURIÚVA, Prefeitura Municipal de. **Legislação Municipal**. Curiúva. 2022.
- DORIGON, L. P.; AMORIM, M. C. de C. T. Clima urbano através de sensoriamento remoto: evolução histórica da termografia da superfície de Paranavaí/PR - Brasil. Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento, Campinas: **Instituto de Geociências - UNICAMP**, 2017. v. 1 (2017), p. 1777-1789. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2382>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- EMBRAPA. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em: 29 ago. 2022.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FUNDAÇÃO ABC. **Classificação climática segundo Köppen**. 2022. Disponível em: https://sma.fundacaoabc.org/climatologia/classificacao_climatica/parana. Acesso em: 14 dez. 2022.

FBDS. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. Shape da hidrografia de Curiúva-PR. Disponível em: <http://geo.fbds.org.br/PR/CURIUVA/HIDROGRAFIA/>. Acesso em: 1 ago. 2022.

GOOGLE. Google Earth website, 2022. Imagens de satélite do Google. Disponível em: <http://earth.google.com/>. Acesso em: 1 dez. 2022.

IBGE. **Cidades**. Curiúva PR. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curiuva/panorama>. Acesso em: 28 jul. 2022a.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. n. 1, 91 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23267.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2022.

IBGE. **Mapas, 2022**. Organização do território. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em: 10 ago. 2022b.

LAR. Desenvolvimento e Gestão Ambiental. **Laudo de caracterização arbórea: ligustro**. Consultoria ambiental, Jacareí, 2019. Disponível em: <https://larambiental.com.br/especie-arvore/ligustro-13/>. Acesso em: 12 ago. 2022.

LOMBARDO, M. O processo de urbanização e a qualidade ambiental: efeitos adversos no clima. **Revista Brasileira de Geografia**. São Paulo, n. 52(4), p. 161-166, out./dez. 1990.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2016.

LOYDE, C. **Landsat 8 Bands**. Landsat Science: 2013. Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/landsat-8-bands/>. Acesso em: 30 ago. 2022.

MALLICK, J.; KANT, Y.; BHARATH, B. D. Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+. **J. Ind. Geophys**, India, v. 12, n. 3, p. 131-140, julho, 2008. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.585.9524&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 10 de out. 2022.

MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. de F. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

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

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de; **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012.

MENESES, P. R. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Texto Universitário do Curso de especialização em geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental. Brasília: UnB/IG/LSR. 2001.

MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do estado do Paraná**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006. 63 p. Escala base 1:500.00; Modelos reduzidos 1:500.00.

NASA. **Landsat 8**. Landsat Science: [202?]. Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>. Acesso em: 10 nov. 2022a.

NASA. **Medindo a vegetação (NDVI & EVI)**: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Earth observatory: 2000. Disponível em: https://earthobservatory-nasa.gov.translate.google/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc. Acesso em: 15 jul. 2022.

NASA. **Operacional Land Imager**. Landsat Science: [202?]. Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/spacecraft-instruments/operational-land-imager/>. Acesso em: 29 ago. 2022b.

NASA. **Thermal Infrared Térmico (TIRS)**. Landsat Science: 19 de jun. de 2013. Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/thermal-infrared-sensor-tirs/>. Acesso em: 29 ago. 2022.

OSMF. **Open Street Map**. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org/export#map=14/-24.0400/-50.4471>. Acesso em: 13 fev. 2023.

OXWAZZ. **Plugin-QGIS-SPT**. Desenvolvido por Muhammad Rahmahalim. Disponível em: <https://github.com/oxwazz/Plugin-QGIS-SPT>. Acesso em: 25 ago. 2022.

PARKER, D. E. Urban heat island effects on estimates of observed climate change. **Focus Article**, London, v. 1, n. 1, p. 123-133, 2010. Disponível em: <http://danida.vnu.edu.vn/cpis/files/References/Climate%20Change/Urban%20heat%20island%20effects%20on%20estimates%20of%20observed%20climate%20change.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022.

PEREIRA, C. C.; MARIANO, Z. de F.; WACHHOLZ, F.; CABRAL, J. B. P. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Barra dos Coqueiros. **Revista Geonorte**, Goiás, v. 2, n. 5, p. 1243-1255, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br>. Acesso em: 5 ago. 2022.

QUOOS, J. H. **RGB**: cores aditivas. Laboratório de Cartografia. Disponível em: http://coral.ufsm.br/cartografia/index.php?option=com_content&view=article&id=47:rgb-cores-aditivas-simulacao-verde-azul-vermelho&catid=18:material-didatico&Itemid=41. Acesso em: 7 dez. 2022.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, 23(46-46):288-294, 1993.

ROVANI, F. F. M.; CASSOL, R. Cartografia temática: uma contribuição na análise geográfica do município de Barão de Cotegipe/RS. **Revista Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 6, n. 2, p. 33-54, ago. 2012.

SANTOS, J. da S. V. dos; CRUZ, G. C. F. da; MORESCO, F.; KUBASKI, K. M. A temperatura de superfície terrestre nas áreas urbanas e rurais de Florínea-SP e Cabralia Paulista-SP. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET), 21., 2021, Campina Grande. Anais [...] Campina Grande: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2021. p. 1 – 12.

SATÉLITE Landsat 9 já está em órbita para guiar com imagens o futuro da Terra. **Mundo Geo**, Editora MundoGeo Ltda, 27 de out. de 2021. Geotecnologias. Disponível em: <https://mundogeo.com/2021/10/05/satelite-landsat-9-ja-esta-em-orbita-para-guiar-com-imagens-o-futuro-da-terra/>. Acesso em: 3 set. 2022.

STEFFEN, C. A. Introdução ao sensoriamento remoto. In: **INPE** [livro eletrônico]. Divisão de Sensoriamento Remoto, 2022. Disponível em: <http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>. Acesso em: 7 dez. 2022.

STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T.; SAITO, C. H. Estimativa da Temperatura de Superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, Brasília, v. 6, ano 6, p. 37-56, jun., 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25604/17160>. Acesso em: 5 de out. 2022.

TOPODATA. **FIGURA índice**. Decliv. (C). Folha 24S51. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em: 5 ago. 2022.

USGS. **Earth explorer**. Landsat 8 Imagery, OLI/TIRS C2L1. Sioux Falls: LP DAAC, 2013. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 27 jul. 2022.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. 2. ed. Recife: versão digital, 2006. 463 p.

VIEIRA, A. B.; ROMA, C. M.; MIYAZAKI, V. K. Cidades médias e pequenas: uma leitura geográfica. **Caderno Prudentino de Geografia**. Presidente Prudente, v. 1, n. 29, p. 136-155, 2007.

WENG, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Terre Haute, v. 64, n. 4, p. 335-344, março, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092427160900046X?via%3Dihub>. Acesso em: 23 nov. 2022.

YNOUE, R. Y.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T.; SILVA, G. A. M. da. **Meteorologia: noções básicas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.