



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

A INFLUÊNCIA TÉRMICA DA COBERTURA VEGETAL NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO
DE CORDEIRÓPOLIS (SP)

Victoria Vieira Barbosa

Prof(a).Dr(a). Andreia Medinilha Pancher

Rio Claro (SP)

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

VICTORIA VIEIRA BARBOSA

**A INFLUÊNCIA TÉRMICA DA COBERTURA VEGETAL NA
ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CORDEIRÓPOLIS (SP)**

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro
Ambiental.

Rio Claro - SP
2024

B238i	Barbosa, Victoria Vieira A influência térmica da cobertura vegetal na área urbana do município de Cordeirópolis (SP) / Victoria Vieira Barbosa. -- Rio Claro, 2024 61 f. : il., tabs., fotos, mapas Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro Orientadora: Andreia Medinilha Pancher 1. Cobertura vegetal. 2. Temperatura de superfície. 3. Geoprocessamento. I. Título.
-------	--

VICTORIA VIEIRA BARBOSA

**A INFLUÊNCIA TÉRMICA DA COBERTURA VEGETAL NA
ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CORDEIRÓPOLIS (SP)**

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio
Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro
Ambiental.

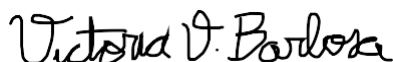
Comissão Examinadora

Andreia Medinilha Pancher (orientador)

Roberto Braga

Vânia Silvia Rosolen

Rio Claro, 21 de novembro de 2024.



Assinatura do(a) aluno(a)



assinatura do(a) orientador(a)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe por sempre me rodear de plantas e me mostrar que elas exigem dedicação e gentileza, assim como as pessoas.

Ao meu pai que sempre plantou em mim curiosidade, buscando ver beleza nos detalhes da natureza e da vida.

Ao meu irmão, que sempre floreia o ambiente.

Aos meus amigos, que fornecem luz e calor nos dias de chuva.

À Érika, que me ensinou como fortalecer as minhas raízes.

Aos meus professores da graduação, que regaram meu conhecimento e desabrocharam meu olhar sobre o mundo.

A minha orientadora Prof^a Dra Andreia Medinilha Pancher, que pacientemente me ajudou a cultivar este trabalho.

A Unesp, campus de Rio Claro, que como um jardim, foi meu lar nestes cinco anos.

“Quando uma árvore é cortada ela renasce em outro lugar. Quando eu morrer quero ir para esse lugar, onde as árvores vivem em paz.” (Tom Jobim)

RESUMO:

O crescente e desenfreado processo de urbanização reflete em diversas consequências para os municípios do Brasil. A arborização e a cobertura vegetal de uma área podem influenciar diretamente na sua temperatura de superfície, formando ilhas de calor, modificando a biodiversidade e o conforto térmico da população inserida. Com isso, no presente trabalho buscou-se analisar a distribuição da cobertura vegetal e sua influência sobre a temperatura da superfície na cidade de Cordeirópolis - SP. Para o propósito, primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica visando ter o embasamento teórico e metodológico desta pesquisa e para a caracterização da área de estudo. Em seguida, foram utilizadas ferramentas das geotecnologias, especialmente do SIG no programa QGIS, para a elaboração de mapas de temperatura de superfície terrestre (TST) e do mapa de cobertura vegetal, na escala 1:10.000, com base nas imagens e dados dos satélites Landsat 8 (2023) e CBERS-04A (2023). Assim, com a comparação destes mapas temáticos, em conjunto com dados provenientes do IBGE (2022), foi possível identificar as áreas com maiores e com menores índices de cobertura vegetal. Com isso, foi realizado o cálculo de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para relacionar com os dados obtidos com a temperatura. Com base nos resultados obtidos, foi possível identificar os problemas da baixa distribuição de cobertura vegetal e altas temperaturas na cidade, sendo o distrito industrial de Cordeirópolis a região mais crítica e o distrito de Cascalho o mais adequado. Por fim, foram propostas algumas ações mitigadoras, como é o caso dos corredores verdes para a melhoria do conforto térmico dos cidadãos de Cordeirópolis.

Palavras-Chave: Cobertura Vegetal, Temperatura de Superfície, Geoprocessamento.

ABSTRACT

The growing and unbridled process of urbanization has had a number of consequences for Brazil's municipalities. The afforestation and vegetation cover of an area can directly influence its surface temperature, forming heat islands, modifying biodiversity and the thermal comfort of the population. The aim of this study was to analyze the distribution of vegetation cover and its influence on surface temperature in the city of Cordeirópolis - SP. To this end, a literature review was first carried out to provide a theoretical and methodological basis for this research and to characterize the study area. Next, geotechnological tools were used, especially GIS in the /QGIS program, to create land surface temperature (LST) maps and vegetation cover maps, on a scale of 1:10,000, based on images and data from the Landsat 8 (2023) and CBERS-04A (2023) satellites. By comparing these thematic maps with data from the IBGE (2022), it was possible to identify the areas with the highest and lowest levels of vegetation cover. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was then calculated in order to relate it to the temperature data. Based on the results obtained, it was possible to identify the problems of low distribution of vegetation cover and high temperatures in the city, with the Cordeirópolis industrial district being the most critical region and the Cascalho district the most suitable. Finally, some mitigating actions were proposed, such as green corridors to improve the thermal comfort of the citizens of Cordeirópolis.

Keywords: Vegetation Cover, Surface Temperature, Geoprocessing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	10
2. OBJETIVOS	13
2.1. GERAL	13
2.2. ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1. O processo de urbanização e a importância do planejamento urbano	14
3.2 A influência da arborização na temperatura de superfície	15
3.3. A importância do geoprocessamento para estudos desta natureza	17
4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
5. METODOLOGIA DA PESQUISA	22
5.1. Organização e elaboração de mapeamentos temáticos.....	22
5.2.1. Elaboração dos mapas de temperatura da superfície terrestre (TST).....	24
5.2.2. Elaboração do mapa de Cobertura vegetal urbana através da classificação semi-automática	25
5.2.3. Elaboração do mapa de vegetação por Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).....	26
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
6.1 Análise dos mapas de temperatura da superfície terrestre (TST).....	29
6.2 - Análise do mapa de cobertura vegetal	38
6.4 - Comparação visual dos resultados obtidos.....	42
7. ANÁLISE INTEGRADA.....	55
8. CONCLUSÃO.....	56
9. REFERÊNCIAS.....	57

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A partir do século XX, o aumento dos impactos ambientais causado pela ação antrópica sobre a superfície terrestre vem comprometendo o equilíbrio do meio e a disponibilidade de recursos naturais. Atualmente, a questão ambiental tornou-se um tema de alta prioridade, para que possamos garantir a prosperidade da geração atual e futura.

No Brasil, devido à rica biodiversidade que existe no país, essas discussões são extremamente importantes. No caso do estado de São Paulo, houve considerável avanço tecnológico e urbano nas últimas décadas, por isso os tópicos relacionados ao meio ambiente vêm sendo amplamente debatidos, devido às grandes alterações na paisagem natural causadas pelas atividades antrópicas.

Antes do homem utilizar os recursos naturais para gerar conforto, lazer e riqueza, o ambiente natural encontrava-se em estado de equilíbrio (Ross, 2009). Desse modo, a humanidade constantemente transforma o meio e a paisagem em busca dos seus interesses momentâneos, mudando de foco dependendo do tempo e espaço a qual está inserida.

Assim, a agricultura, a pastagem, as construções, os lixões, as represas, as estradas, os desmatamentos, as indústrias, as canalizações de rios, os aeroportos, as áreas urbanas, entre outras atividades, são exemplos de ações antrópicas que mudam a paisagem para diversas finalidades, mas com o mesmo objetivo que é o de beneficiar apenas a própria humanidade. (Florenzano, 2002).

Dependendo das características físicas, químicas ou biológicas, as áreas naturais podem apresentar maior ou menor resiliência diante das ações humanas. As mudanças em um aspecto físico do meio ambiente (podendo ser no solo, no relevo e na vegetação, por exemplo), pode acarretar no comprometimento da funcionalidade do local (Sporl; Ross, 2004). Com isto, é preciso que as ações humanas sejam equilibradas com a disponibilidade dos recursos naturais, demandando a adoção de técnicas e tecnologias que possam auxiliar no planejamento territorial, harmonizando com o meio econômico, social e ambiental.

O urbanismo introduz a degradação do meio ambiente (Penna, 2002). E apesar de melhorar a qualidade de vida das pessoas com relação ao saneamento, à tecnologia e ao conforto, a urbanização das cidades brasileiras pode causar vários malefícios, como o aumento da poluição, desmatamento, diminuição da qualidade do ar e desequilíbrio térmico no local.

Com o crescimento desenfreado das áreas urbanas, a cobertura vegetal, além dos aspectos visuais, é uma das principais formas de reduzir os efeitos da poluição, equilibrar a conservação do meio ambiente e suavizar as progressões das mudanças climáticas.

Também, entende-se que a melhoria do bem-estar humano depende tanto de fatores sociais e éticos, quanto de fatores biológicos, químicos e físicos (Nucci, 2001). Assim, é essencial para a saúde da sociedade o equilíbrio entre as construções e a cobertura vegetal no perímetro urbano.

Para que esses benefícios ocorram de maneira eficiente, os plantios precisam ser devidamente planejados, convenientemente distribuídos por toda a região e calculados corretamente. Dessa forma, metodologias de análise da qualidade ambiental das cidades se tornam fundamentais para a obtenção de informações claras para a dimensão total das áreas que serão utilizadas no município.

No decorrer dos anos, alguns municípios da região do interior do estado de São Paulo, têm se destacado pela boa gestão e planejamento de sua cobertura vegetal. Desta forma, o objeto de análise deste trabalho foi a cidade de Cordeirópolis (SP), que em 2023 recebeu o prêmio internacional da ONU (Organização das Nações Unidas), denominado “Tree City of the World” (Cidade Árvore do Mundo), por se destacar no planejamento da arborização urbana.

Neste contexto, este estudo poderá contribuir indicando as áreas com adequada arborização e aquelas que precisam de investimentos por parte da administração pública, valorizando e mantendo esse reconhecimento, buscando melhorar ainda mais a qualidade da governança ambiental e da vida de todos os habitantes de Cordeirópolis.

É importante observar que o município de Cordeirópolis se insere no Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (PCSG), o maior produtor de revestimentos cerâmicos da América, o qual se localiza na região Centro-Leste do Estado de São Paulo e é composto pelos municípios de Cordeirópolis, Araras, Ipeúna, Iracemápolis, Limeira, Rio Claro, Piracicaba e Santa Gertrudes.

De acordo com um parecer técnico realizado em 2013 pelo Centro de Apoio Operacional à Execução (CAEx) do Ministério Público de São Paulo, a poluição local do PCSG se potencializa pelo fato de que em um raio de 25 quilômetros estão instaladas 37 indústrias do setor cerâmico e, conseqüentemente, a cidade sofre com as agressões ambientais causadas por essa atividade.

Segundo dados da CETESB (2018), o ar de Santa Gertrudes, que é o município vizinho de Cordeirópolis, foi considerado o pior do Estado de São Paulo, devido a suspensão de partículas de poeira fina de argila que são levantadas tanto pela escavação, quanto pela movimentação intensa de caminhões para o transporte da matéria prima (argila), o que eleva em até quatro vezes os níveis recomendados pela OMS (Organização Mundial da Saúde). Este fato afeta a qualidade do ar de Cordeirópolis e aumenta a importância de uma eficiente cobertura vegetal.

Diante do exposto, nesta pesquisa buscou-se relacionar, por meio de elaboração de mapas temáticos, a temperatura de superfície e a cobertura vegetal no contexto urbano, para contribuir com a compreensão e gestão mais sustentável do município de Cordeirópolis, a fim de apontar as diferenças desses aspectos entre os bairros da cidade.

2. OBJETIVOS

Para a realização desta pesquisa, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

2.1. GERAL

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar a distribuição da cobertura vegetal na área urbana do município de Cordeirópolis (SP), visando comparar as áreas com arborização satisfatória que atendam a quantia necessária para atenuar as altas temperaturas e aquelas que demonstraram insuficiência de vegetação, relacionando com a temperatura da superfície terrestre (TST).

2.2. ESPECÍFICOS

- Analisar a distribuição da cobertura vegetal na área urbana do município de Cordeirópolis;
- Verificar a influência da vegetação nas diferenças de temperatura da superfície do solo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção são apresentadas as referências bibliográficas, que permitiram o embasamento teórico e metodológico da pesquisa, destacando-se conceitos e aspectos fundamentais para a compreensão da temática, bem como de procedimentos relativos às geotecnologias.

3.1. O processo de urbanização e a importância do planejamento urbano

No século XIX, com o início da Revolução Industrial, os impactos socioambientais se intensificaram consideravelmente no mundo todo. Com a industrialização e a consolidação do capitalismo, cresceu na mesma proporcionalidade os índices de poluição global. Naquele momento, passou a haver uma intensa concentração populacional nas cidades. Com isso, a paisagem natural sofreu várias perturbações que têm constantemente degradado o habitat de muitas espécies, e consequentemente, prejudicado a qualidade de vida dos seres humanos (Primack; Rodrigues, 2001).

Esse processo de urbanização e a aglomeração de pessoas causa diversos impactos ambientais, como o aumento de resíduos, congestionamentos, grandes volumes de esgoto, etc. (Leal; Farias e Araújo, 2008). Também, criou-se uma relação com a pobreza, com a marginalização de pessoas, o que levou os trabalhadores do campo e da agricultura a viverem cada vez mais nos espaços urbanos (Santos, 2002).

É fato que os efeitos negativos dos impactos ambientais não são igualmente distribuídos por todas as classes sociais (Gonçalves, 1999). A concentração das atividades industriais ocasiona principalmente a poluição do ar e da água, trazendo diversos riscos à saúde humana. Por viverem às margens da sociedade, as famílias mais pobres acabam residindo onde há mais acúmulo de poluição, lixo e sujeira, sendo mais suscetíveis a sofrerem com as consequências da industrialização.

Esta urbanização acelerada, associada com a falta de políticas públicas eficientes e funcionalmente capazes de ordenar o crescimento, desencadeia inúmeras consequências, destacando-se que as cidades vão ficando cada vez mais inadequadas ambientalmente para ocupação humana, seja pela concentração da população, falta de áreas verdes ou pela poluição (Neto; Resende; Sena; Souza, 2007).

O crescente processo de urbanização que se nota a partir da década 1950, a melhora das condições de vida da população e o essencial progresso sanitário foram causas de uma elevada

taxa de natalidade e baixa taxa de mortalidade, resultando num grande aumento demográfico nas cidades do Brasil (Santos, 2009). Desse modo, no país, a população urbana tornou-se superior à rural a partir da década de 1970, com 56% das pessoas morando na cidade; vale destacar que na década anterior o percentual da população urbana era de 45% (IBGE, 2010).

A urbanização transforma uma sociedade rural em uma sociedade cada vez mais adentrada nas cidades. Apesar dos diversos problemas, o movimento de urbanização também reflete em diversas características positivas, como um forte crescimento demográfico, cujas causas essenciais são os progressos sanitários, a melhoria relativa dos padrões de vida e a própria urbanização.

De acordo com o Censo de 2010, 84,4% da população brasileira é urbana (Governo Federal, 2011). Com esse crescimento rápido, é estimado que a população urbana aumente em 2,2 bilhões de pessoas até 2050, sendo que 68% da população mundial será urbana (ONU, 2022). Assim, com esta previsão, é necessário que o governo mundial e a população criem modelos de planejamento e gestão urbana de melhor qualidade, para que não falem recursos e que sejam acessíveis para todos.

A falta de planejamento do desenvolvimento das cidades brasileiras é bastante visível, gerando ambientes urbanos com elevados níveis de degradação ambiental, não apenas devido ao planejamento urbano não conseguir de forma eficaz alcançar o rápido processo de crescimento das cidades, mas também porque há um constante desinteresse político e público na criação e implementação de mecanismos que combatem o declínio da qualidade de vida no ambiente urbano (Mendonça, 1994).

Diante deste cenário, o planejamento urbano é fundamental para o desenvolvimento adequado das cidades. Entende-se como planejamento urbano o amontoado de ações de ordenação espacial das atividades urbanas que, não podendo ser realizadas pelo mercado, acabam sendo organizadas pelo Estado, na sua implementação e concepção (Deak, 1999). Este planejamento é importante para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos tornando o ambiente mais habitável, sustentável e organizado.

3.2 A influência da arborização na temperatura de superfície

O Código Florestal de 2012 descreve as APPs (Áreas de Preservação Permanente) como áreas protegidas, com a função de proteger a paisagem, a flora e a fauna, estabilizar a geologia, os recursos hídricos e assegurar o bem-estar da população (Brasil, 2012). Assim, a vegetação é

um importante recurso que harmoniza todos os elementos em sua volta, sendo essencial para a sobrevivência de todas as espécies.

A arborização urbana é definida como o conjunto de áreas públicas e privadas com vegetação predominantemente arbórea que uma cidade apresenta, incluindo parques públicos, árvores em ruas e avenidas e outras áreas verdes (Milano, 1988). As áreas verdes e a arborização urbana têm um importante papel na redução de impactos ambientais urbanos se transformando em corredores ecológicos, com a variedade de espécies e equilíbrio da biodiversidade (Silva, 2005; Toledo e Santos, 2008).

No Brasil, o desenvolvimento urbano não acompanhou a dinâmica da natureza, ocorrendo diversas degradações ambientais que trazem consequências para os dias atuais. Com isso, os estudos climáticos no meio urbano têm crescido gradualmente ao longo dos anos devido às mudanças significativas na atmosfera em razão das ações humanas. (Amorim, 2010).

O aumento da urbanização é acompanhado pelos altos níveis de poluição nas cidades e essa poluição contribui para a produção de ilhas de calor, elevando as temperaturas da região. Com isso, os métodos mais eficientes para a diminuição da temperatura e das ilhas de calor no ambiente urbano, sem o uso de energia elétrica, são superfícies de alto albedo e o uso de árvores (Mascaró, 2003).

Os materiais usados na construção civil têm a tendência de absorver mais calor, fazendo com que áreas mais urbanizadas e com menos árvores apresentem temperaturas mais elevadas, formando as ilhas de calor, as quais podem ser definidas pelo aumento da temperatura nos centros urbanos em relação às áreas rurais. (Bias e Baptista, 2003).

As árvores e a vegetação produzem sombras e protegem as construções e as pessoas do calor do Sol, amenizando a temperatura da superfície e diminuindo o consumo de energia, reduzindo naturalmente as ilhas de calor. Isso acontece pois, no processo de fotossíntese, para se manterem frescas as plantas realizam a evapotranspiração, ou seja, ao utilizar a energia solar para evaporar água, evitam que essa energia seja usada para aquecer a cidade. (Gartland, 2008).

Além de servir na regulação climática nos ambientes urbanizados e em seu equilíbrio ecológico, a arborização também é essencial na diminuição da poluição atmosférica. A poluição aumenta a quantidade de radiação infravermelha, elevando a temperatura atmosférica e a quantidade de energia que a Terra emite. Deste modo, a poluição do ar pode aumentar em até 15% os níveis de radiação atmosférica. (Gartland, 2008).

A falta de vegetação nas cidades pode causar enchentes, alterações do clima local e carência de áreas de lazer para a população (Amorim, 2001). Com isso, a arborização urbana e outros elementos convivem em desarmonia em razão da ausência de planejamento (Yamamoto

et. al. 2004). Ainda, é importante a realização de estudos para refletir sobre a gestão do espaço urbano, para que se possa mitigar os problemas causados, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida nas cidades em harmonia com a natureza.

3.3. A importância do geoprocessamento para estudos desta natureza

As mudanças climáticas, o uso não sustentável de recursos e a degradação do meio ambiente têm sido preocupações de ambientalistas e cientistas ao redor do mundo (IPCC, 2007). Então, para realizar um estudo sobre estes assuntos, é necessários o planejamento e a obtenção de informações sociais e ambientais para o desenvolvimento de uma solução para os problemas.

Por muito tempo, para realizar coletas de dados sobre recursos naturais, por exemplo, foram utilizados mapas de papel e observação *in loco*, o que tornava a tarefa difícil e com bastante obstáculos físicos e de precisão (Ibrahim, 2014). Com o passar dos anos, para gerenciar questões como o tema citado, foi necessário adotar novas tecnologias para o adequado monitoramento.

Para isso, é necessário a utilização de técnicas que colaborem para uma satisfatória apreensão da realidade, como as geotecnologias, que já há algum tempo vêm sendo consideradas como importantes instrumentos para a análise e a compreensão dos processos de transformação do espaço geográfico.

As geotecnologias, com destaque para os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), nos permitem, dentre inúmeras funções, a associação de dados, a realização de operações matemáticas, a formulação de prognósticos, a criação de cenários que auxiliam significativamente a compreensão e a elaboração de propostas para resolução dos problemas urbanos (Goodchild, 2000; Almeida, 2007).

Os primeiros indícios de geoprocessamento surgiram nos anos 1960 no Canadá, com o objetivo de coletar dados sobre seus recursos naturais. Essas tecnologias podem ser definidas como um ramo de atividades, conjunto de técnicas e métodos de coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados, a fim de gerar novos dados e ou informações espaciais ou georreferenciadas (Zaidan, 2017).

Com o surgimento das geotecnologias, o monitoramento de atividades naturais e antrópicas se transformou em algo de custo baixo e de utilização local, melhorando a organização, o armazenamento e a análise de grande volume de dados e informações. (Mirandola, 2006).

Com o avanço dessas tecnologias, hoje há disponibilidade de imagens orbitais (NASA, INPE, etc.) e imagens de radar de forma gratuita, aumentando o número de informações disponíveis, podendo ser utilizados na coleta, cálculo e análise de dados, os quais são essenciais aos pesquisadores e profissionais do geoprocessamento.

O sensoriamento remoto, por exemplo, é a tecnologia dentro do geoprocessamento que permite obter imagens e outros dados da superfície terrestre, por meio da captação e o registro da energia refletida (Florenzano, 2007). O principal foco do sensoriamento remoto é prover auxílio para facilitar a identificação e a extração de elementos presentes nas imagens, para a sua posterior interpretação (Crosta, 1999).

Para mensurar o ambiente térmico urbano, o sensoriamento remoto fornece medições da temperatura da superfície, incluindo medições de energia refletora nas porções vermelha e infravermelha próxima do espectro eletromagnético, que podem ser utilizadas para avaliar a cobertura vegetal urbana (Yue et al., 2007).

Também, na temperatura da superfície da terra (LST, Land Surface Temperature) há a combinação de interações entre a superfície atmosférica e os fluxos de energia entre a atmosfera e o solo (Gorgani; Panahi; Rezaie, 2013). É um fator importante que reflete mudanças ambientais da superfície e influi nos processos físicos e químicos em áreas urbanas (Deng et al., 2018).

Com isso, a utilização dos Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index), permite determinar a relação entre a temperatura das superfícies urbanas e a temperatura térmica a partir de imagens de satélite. Assim, valores mais altos de NDVI indicam alta fração de vegetação (Mwangim; Karanja; Kamau, 2018).

Desse modo, o geoprocessamento se destaca como uma ferramenta importante de tomada de decisão, execução, planejamento, análise e controle das questões ambientais (Mascarenhas, 2009). O monitoramento da paisagem de uma região com o uso do geoprocessamento, é um fator essencial para o gerenciamento do uso do solo, reconhecimento dos recursos naturais e ocupação do espaço físico (Venturieri, 1998). A utilização de tais técnicas facilita o manejo e recuperação de uma área, sendo muito útil para a gestão pública, podendo contribuir positivamente para o ambiente.

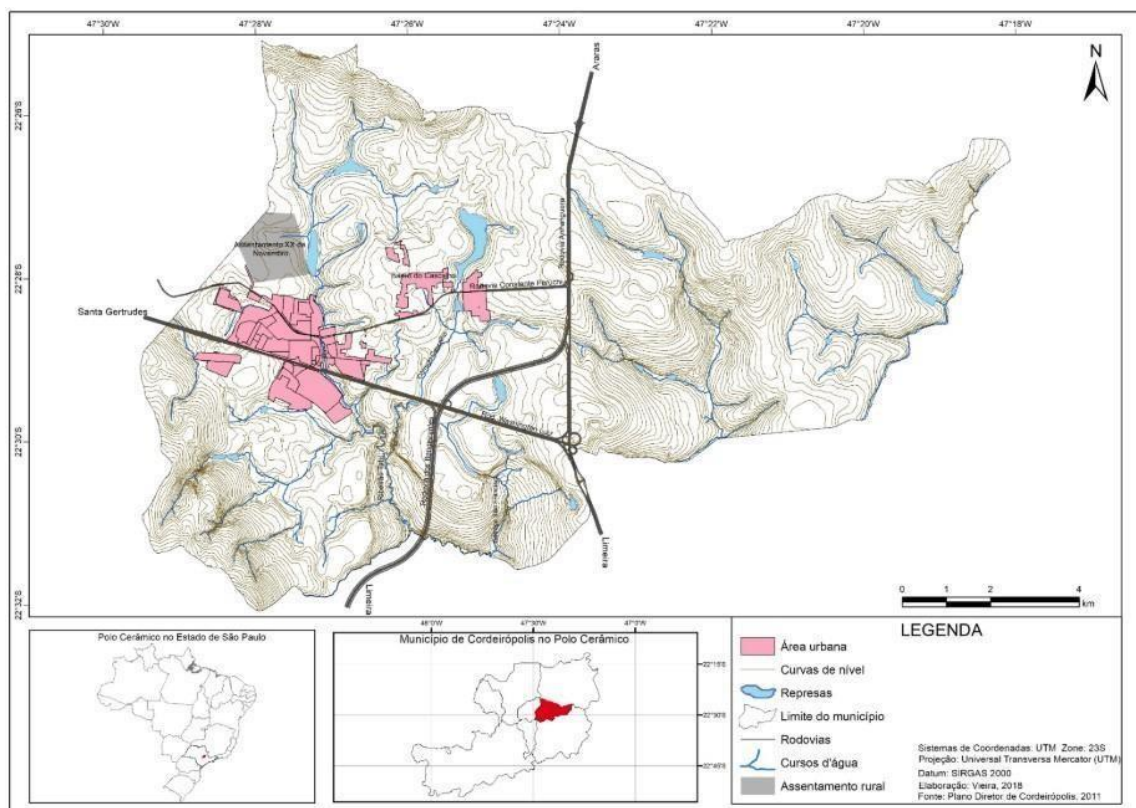
4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o município de Cordeirópolis -SP, que se localiza no interior do estado de São Paulo, na região Centro-Leste. A área total é de 137,58 km², com 9,92 km² de

área urbanizada e situa-se entre as coordenadas geográficas 22°53'S e 47°49'O e 22°41'S e 47°30'O. Cordeirópolis faz fronteira com os municípios de Limeira, Santa Gertrudes e Araras. Em 2022, a população estimada era de 24.514 habitantes (IBGE), sendo a densidade demográfica de 178,18 hab./km².

No município, encontra-se um importante entroncamento das rodovias Washington Luís, Anhanguera, Bandeirantes, além de ser o início da rodovia Constantine Peruchi, o que torna a região um importante centro de distribuição de produtos e de deslocamento de veículos no interior do estado.

Figura 1 – Localização de Cordeirópolis-SP



Fonte: Paulo Vieira, 2018, p. 26.

De acordo com o Plano da Bacia Hidrográfica do PCJ – 2010-2020, em relação a hidrografia da área, Cordeirópolis se insere na bacia hidrográfica do rio Piracicaba e Jaguari. Apresenta o Ribeirão Tatu como principal sub-bacia, que possui como afluentes o córrego Cascalho, córrego Água Branca, córrego das Amoreiras, córrego Ibicaba e córrego São Francisco (CERNE, 2015).

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é o subtropical de altitude, com duas estações bem definidas, sendo uma com chuvas no verão e outra com seca no inverno, com temperatura média de 22°C no mês mais quente do verão. As temperaturas médias anuais variam entre 14,9°C a 27,6°C, causando muitas vezes um desconforto térmico em razão das elevadas temperaturas (Climate Data, 2024).

Com relação ao índice pluviométrico da região, na tabela 1 é possível visualizar que, entre os dados coletados de 1999 a 2019, também do site Climate Data, é notável que os níveis de chuva se concentram entre os meses de janeiro, fevereiro e dezembro.

Tabela 1: Pluviosidade e Temperatura em Cordeirópolis - 1999-2019

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	23.5	23.8	23	21.7	18.9	17.9	17.8	19.4	21.6	22.8	22.5	23.3
Temperatura mínima (°C)	19.9	19.9	19.2	17.3	14.3	13.1	12.7	13.5	16	17.8	18.3	19.4
Temperatura máxima (°C)	28	28.4	27.6	26.7	24.2	23.7	24	26	28	28.7	27.6	28
Chuva (mm)	295	217	183	76	61	39	38	34	77	135	190	231
Umidade(%)	77%	77%	78%	73%	70%	70%	65%	58%	58%	65%	72%	76%
Dias chuvosos (d)	17	14	14	7	5	3	3	3	6	11	12	15
Horas de sol (h)	9.1	9.4	8.8	8.5	8.1	8.3	8.6	9.3	9.3	9.3	8.8	9.0

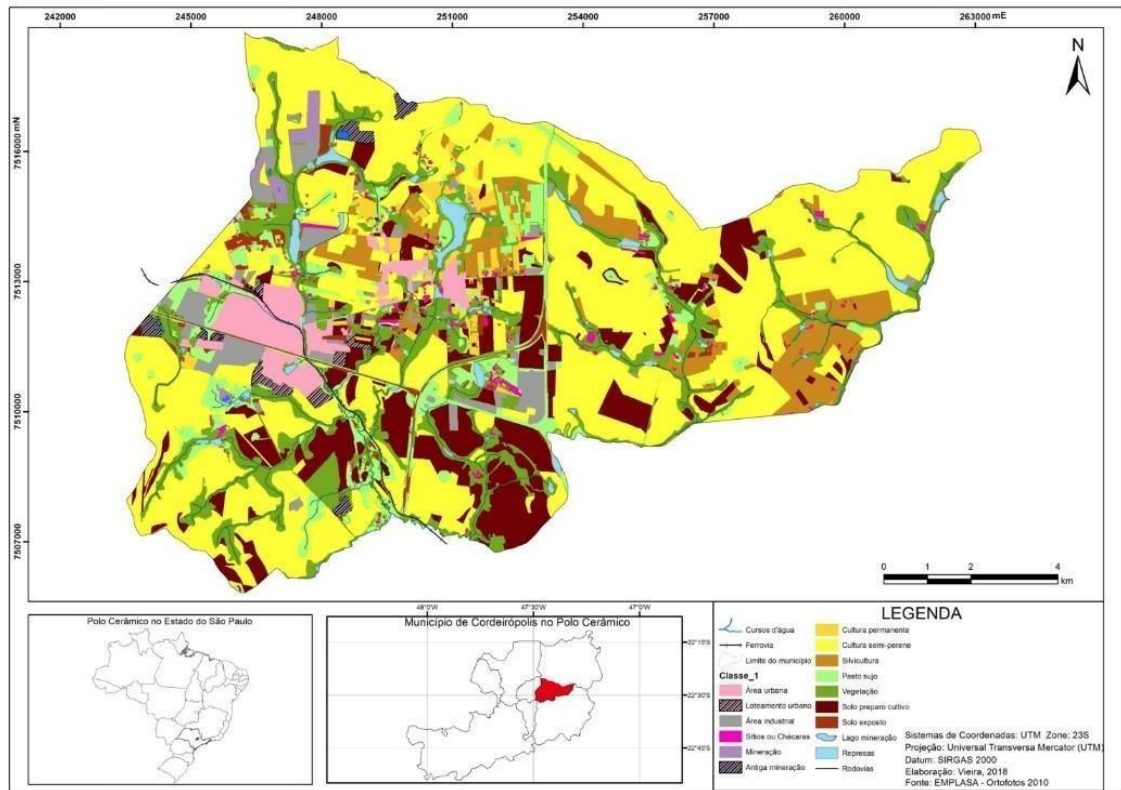
Fonte: Climate Data. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/cordeiropolis-34768/>.

Acesso: 28/02/2024

Com relação ao uso da terra do município, evidenciado na figura 2, que consiste num mapa elaborado através da fotointerpretação e do mapeamento semiautomático, a partir de dados de alto nível de detalhe, a área de cultura semi-perene (cana-de-açúcar) é predominante no município, ocupando 44% (Vieira, 2018). Com relação a vegetação, seu território abrange 14% do bioma Cerrado e 86% do bioma Mata Atlântica.

Também em relação ao uso da terra, segundo os dados mais atuais mapeados com base em outra metodologia (classificação pixel a pixel de imagens Landsat, através da plataforma Google Earth Engine), obtidos da plataforma MapBiomas (2021), cerca de 7% do território cordeiopoleense é ocupada por área urbanizada.

Figura 2 - Mapa de uso e ocupação das terras de Cordeirópolis/SP



Fonte: Paulo Vieira, 2018, p. 112

Assim, como indicado na figura 2, a vegetação e as áreas florestadas são em pequena proporção, representando 14% da área, e estão fragmentadas pela cidade, além de se situar distantes da área urbanizada, indicando intenso uso de terra da região.

5. METODOLOGIA DA PESQUISA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica dos principais aspectos relacionados ao tema, como a urbanização, a temperatura urbana e o geoprocessamento, a fim de obter embasamento teórico e metodológico. Neste estudo também foram gerados mapas temáticos de temperatura de superfície terrestre, de NDVI e de cobertura vegetal urbana, utilizando pesquisas existentes como bases tecnológicas e geográficas, inserindo procedimentos automáticos e semiautomáticos, visando a análise da relação entre a temperatura da superfície e a cobertura vegetal de Cordeirópolis.

5.1. Organização e elaboração de mapeamentos temáticos

Para a organização e elaboração de mapeamentos temáticos, os produtos de sensores remotos são importantes fontes de dados. As informações contidas nas imagens orbitais e nas fotografias aéreas são extraídas por meio da fotointerpretação.

Para este estudo, foi adotada uma escala de detalhe (1:10.000) para a elaboração dos mapas temáticos. As informações obtidas para essa pesquisa foram compiladas e georreferenciadas no ambiente do software QGis versão 3.36, sendo os dados vetoriais (em shapefile) do IBGE do ano de 2022 e as imagens orbitais dos satélites Landsat-8 e CBERS 04-A (em geotiff), de 2023.

Vale salientar que as imagens já são disponibilizadas georreferenciadas no sistema de coordenadas UTM SIRGAS 2000 dentro do próprio ambiente do QGIS. Dessa forma, a partir dessas fontes de informações, foi possível caracterizar a cobertura vegetal, produzir os mapas que possibilitaram a análise da Temperatura de Superfície Terrestre (TST) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Os satélites foram escolhidos por diversos fatores: pela obtenção gratuita das imagens; pela presença dos sensores de infravermelho termal do Landsat-8, com resolução de 100 metros, selecionando-se as bandas 10 e 11, que foram usadas para a obtenção da temperatura de superfície; e pela alta resolução do satélite CBERS 04-A, que possui 2 metros de resolução na banda pancromática e 8 metros nas bandas multiespectrais. (tabelas 2 e 3).

Tabela 2: Características das bandas do satélite Landsat 8

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	(B1) AZUL COSTEIRO	0.43 - 0.45 μm	30 m	16 dias	170 x 183 km	16 bits
	(B2) AZUL	0.45 - 0.51 μm				
	(B3) VERDE	0.53 - 0.59 μm				
	(B4) VERMELHO	0.64 - 0.67 μm				
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.85 - 0.88 μm				
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.57 - 1.65 μm				
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.11 - 2.29 μm				
	(B8) PANCROMÁTICA	0.50 - 0.68 μm	15 m			
	(B9) CIRRUS	1.36-1.38 μm	30 m			
TIRS (Thermal Infrared Sensor)	(B10) INFRAVERMELHO TERMAL	10.6-11.19 μm	100 m			
	(B11) INFRAVERMELHO TERMAL	11.5-12.51 μm	100 m			

Fonte: EngeSat, Disponível em: <https://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8>.

Acesso em 22 de abril de 2024

Tabela 3 - Características das bandas da Câmera Multiespectral do satélite CBERS 04-A

Características das câmeras do CBERS 04A			
Característica	WPM	MUX	WFI
Bandas Espectrais	0,45-0,52 μ m (B) 0,52-0,59 μ m (G) 0,63-0,69 μ m (R) 0,77-0,89 μ m (NIR) 0,45-0,90 μ m (PAN)	0,45-0,52 μ m (B) 0,52-0,59 μ m (G) 0,63-0,69 μ m (R) 0,77-0,89 μ m (NIR)	0,45-0,52 μ m (B) 0,52-0,59 μ m (G) 0,63-0,69 μ m (R) 0,77-0,89 μ m (NIR)
Resolução	2 m 8 m	16,5 m	55 m
Largura da Faixa Imageada	92 km	95 km	684 km
Visada Lateral de Espelho	não	não	não
Revisita	31 dias	31 dias	5 dias
Quantização	10 bits	8 bits	10 bits
Taxa de Dados Bruta	1800.8 Mbps 450.2 Mbps	65 Mbps	50 Mbps

Fonte: INPE. Disponível em: <http://www.cbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php>. Acesso em: 06 de junho de 2024.

5.2.1. Elaboração dos mapas de temperatura da superfície terrestre (TST)

Com as imagens obtidas através da plataforma EarthExplore no formato TIFF, utilizando o site United States Geological Survey dos meses de janeiro, abril e julho de 2023, foram elaborados mapas de temperatura de superfície (TST) utilizando três imagens raster da área urbana da cidade de Cordeirópolis, de períodos diferentes, correspondentes aos meses citados.

As imagens raster representam a variação das temperaturas durante três estações do ano (verão, outono e inverno) com o objetivo de mostrar que mesmo com a diferença de incidência de raios solares e da temperatura ao longo do ano, devido a falta de vegetação, existe uma tendência de aumento da temperatura em áreas urbanas.

Os meses de janeiro, abril e julho foram escolhidos por apresentarem mudanças sazonais e pela melhor visibilidade devido a poucas nuvens nestes períodos para não causar perturbação na refletância das superfícies.

A fim de serem reprojetadas ao sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000, zona UTM 23 Sul, as imagens em formato raster foram adicionadas ao software QGIS.

O plugin SCP (Semi-automatic Classification Plugin), do software QGIS foi utilizado para criar os mapas de temperatura de superfície e isso possibilitou uma classificação da imagem da banda 10 obtida no EarthExplorer que gerou uma imagem em tons de cinza, convertendo-se os valores em graus celsius.

Ainda, visando facilitar a observação, o raster recortado foi renderizado como uma banda simples falsa-cor com abrangência de cinco classes classificadas automaticamente pelo QGIS, fazendo a relação das temperaturas mais altas com as cores em tons de vermelho e as temperaturas mais baixas com as cores em tons de verde. Para as três imagens foram aplicados o mesmo procedimento.

Tabela 4 - Valores de temperatura (em °C) de acordo com a cor das classes representadas

Cor da classe	Valor em °C
	≤ 15
	15 - 20
	20 - 25
	25 - 30
	> 30

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

5.2.2. Elaboração do mapa de Cobertura vegetal urbana através da classificação semi-automática

Considerando a alta resolução e a facilidade para se obter gratuitamente as imagens orbitais, a cobertura vegetal urbana foi caracterizada através da elaboração de um mapa temático utilizando as bandas espectrais e a banda pancromática da câmera WPM do satélite CBERS 04-A.

Para obter um resultado mais próximo da realidade atual possível, evitando ao máximo nuvens que poderiam prejudicar a análise, a imagem escolhida foi obtida através do site do INPE referente a uma captura do dia 16 de dezembro.

Com as imagens capturadas foi feita a combinação das bandas 1, 2 e 3 da câmera WPM com a ferramenta “mosaico” do software QGIS com a finalidade de ter uma imagem com as cores reais (RGB). Para fusionar o mosaico à imagem banda P (multiespectral) da câmera WPM, foi feito um tratamento por meio da ferramenta “pansharpening”.

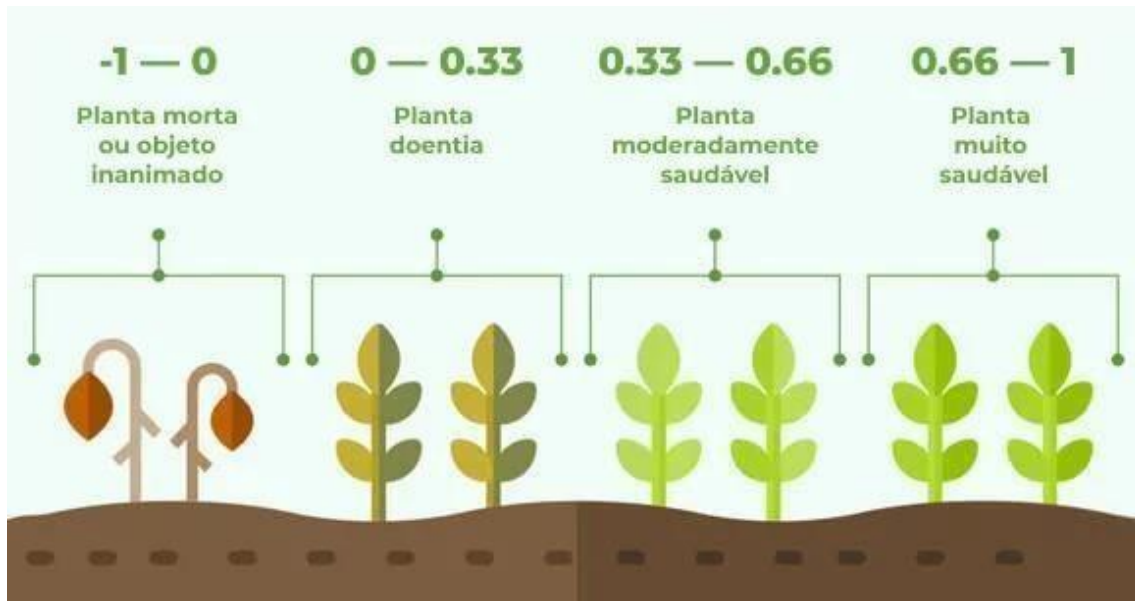
Assim, esse mapa de uso de cobertura da terra foi feito a partir do Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) do software QGIS, permitindo a classificação supervisionada de imagens de sensoriamento remoto para processamento raster, a fim de tornar-se um fluxo de trabalho automático e facilitar a classificação da cobertura da terra, coletando e identificando os usos da terra da área de estudo.

Para análise desse mapa temático foi feito um buffer de 30m dos corpos d’água do município na intenção de representar as Áreas de Preservação Permanente (APPs), a partir de uma imagem recortada com base na camada de máscara do limite do perímetro urbano do município de Cordeirópolis.

5.2.3. Elaboração do mapa de vegetação por Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Para elaborar o mapa temático de cobertura vegetal, foi escolhido o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), com valores determinados entre -1 a 1; o NDVI estipula que quanto mais alto o valor, maior o vigor vegetativo da cobertura vegetal, não se tratando somente da densidade das folhagens, mas também com relação às condições de saúde e hidratação da planta e consequentemente, quanto mais baixo o valor, menor é a vegetação, como acontece quando existem corpos d’água, construções e outras áreas sem cobertura vegetal (EOS data analytics, 2020) (figura 3).

Figura 3 - Valores do NDVI que representam a saúde ou escassez da vegetação



Fonte: EOS Data Analytics. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/ndvi-faq/>. Acesso em 04 de setembro de 2024

O cálculo é feito pela razão da diferença entre a banda do infravermelho próximo (NIR) e a banda espectral vermelha (RED) e a soma das mesmas, conforme demonstrado na seguinte equação:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

Dessa forma, foram utilizadas as mesmas imagens empregadas no mapa temático de vegetação urbana para a elaboração dos mapas temáticos utilizando o NDVI, sendo aplicado o processo de recorte através de uma máscara com o limite do perímetro urbano, pelo processo de “pansharpening” e composição do mosaico.

De acordo com o site Eos Data Analytics (2021), as plantas parecem verdes para o olho humano porque o pigmento clorofila reflete a luz verde e absorve a luz vermelha. Isso indica que, em uma planta saudável, a luz vermelha é absorvida ativamente enquanto a luz infravermelha próxima (NIR) é refletida durante a fotossíntese. No caso de uma planta doente, este processo não ocorre. Essa interação entre a luz e a clorofila permite que o NDVI seja utilizado para distinguir uma planta saudável de uma que está doente.

Satélites equipados com sensores no espaço captam os comprimentos de onda da luz refletida e absorvida pelas plantas, fornecendo dados valiosos para a análise espectral através do NDVI. O NDVI identifica e mede a presença de vegetação verde viva ao analisar a luz refletida nas bandas do espectro visível e do infravermelho próximo (Eos data analytics, 2021).

Então, neste estudo, foram utilizadas as bandas 3 e 4, que correspondem respectivamente ao vermelho e infravermelho próximo. Da mesma forma que nos mapas de temperatura de superfície terrestre, foi gerado um raster renderizado com uma banda simples falsa-cor, interpolada pelo método discreto, evidenciando 4 classes que são padrão do software QGIS, com tons de vermelho para regiões com menores valores e tons de verde para as regiões com maiores valores de NDVI, para tornar mais evidente as áreas com carência de vegetação que poderão ser observadas pela incidência da cor vermelha. Considerando-se que a ausência de vegetação foi representada por todos os valores entre ≤ 0 , reunidas na primeira classe, as demais variaram em 0,33 pontos até o valor máximo de 1, com foco na vegetação urbana.

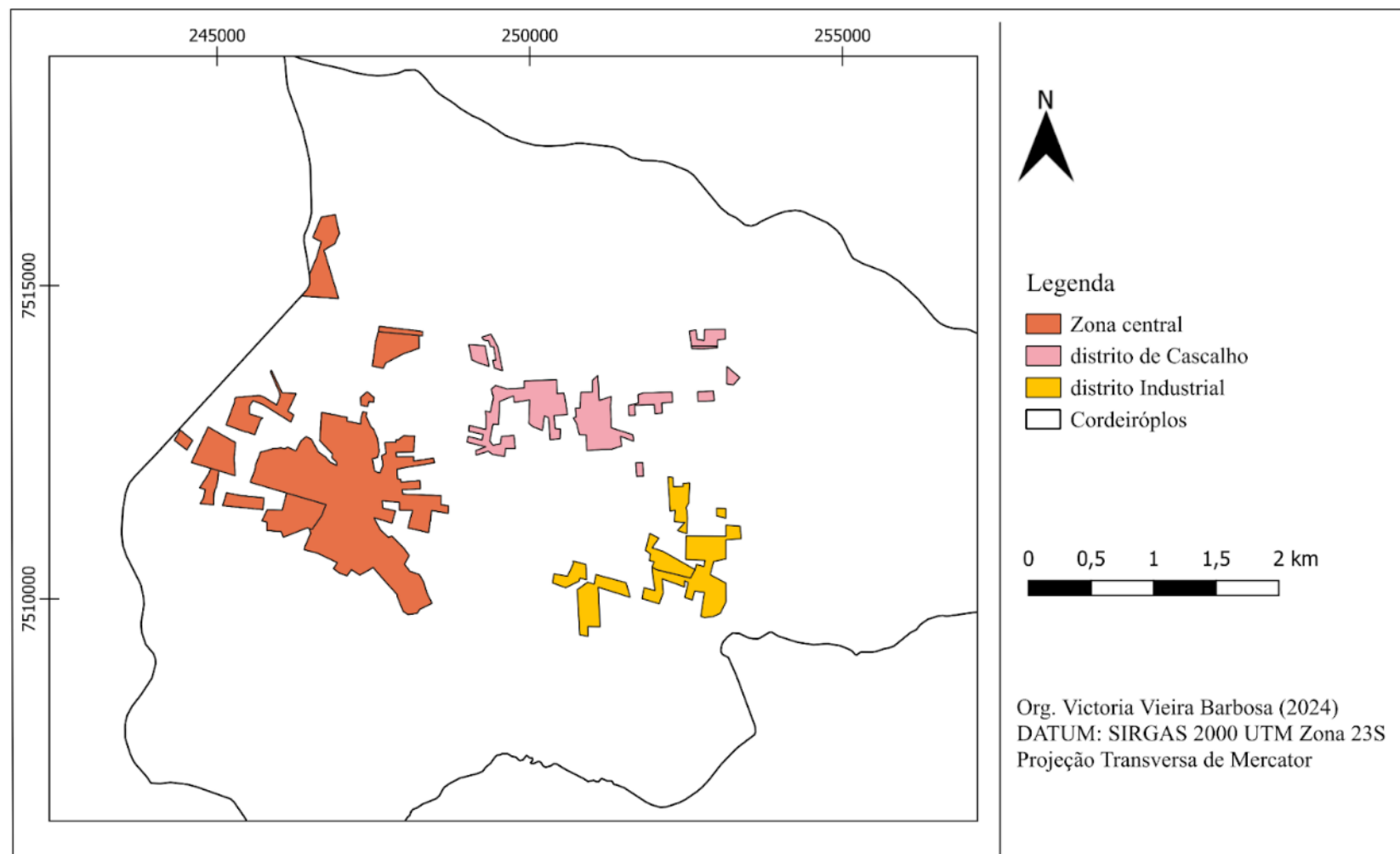
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos mapas temáticos elaborados, foi possível observar uma relação entre a vegetação e a temperatura da superfície na área urbana de Cordeirópolis/SP, cujos resultados e análises são apresentados nos itens subsequentes.

6.1 Análise dos mapas de temperatura da superfície terrestre (TST)

A cidade de Cordeirópolis apresenta três regiões urbanas distintas, que são: o distrito industrial (à leste), o Distrito de Cascalho (centro) e a zona central urbanizada do município de Cordeirópolis (à oeste) (figura 4).

Figura 4: Regiões urbanas de Cordeirópolis/SP



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

Como poderá ser observado no decorrer do trabalho, as duas áreas de maior temperatura, ambas com temperatura acima de 30°C, são identificadas como a fábrica da Nestlé (figura 5), localizada no distrito industrial do município, e uma lavra de extração de argila (figura 6), que se encontra na parte sul do município. A figura 7, que representa o primeiro mapa de temperatura da superfície terrestre, é datada de 15 de janeiro de 2023, representando o período do verão da área estudada. Observando-se o mapa, é possível verificar os locais onde se situam as áreas verdes e os que apresentam construções.

Figura 5: Empresa Nestlé de Cordeirópolis/SP



Fonte: Google Earth, 2024.

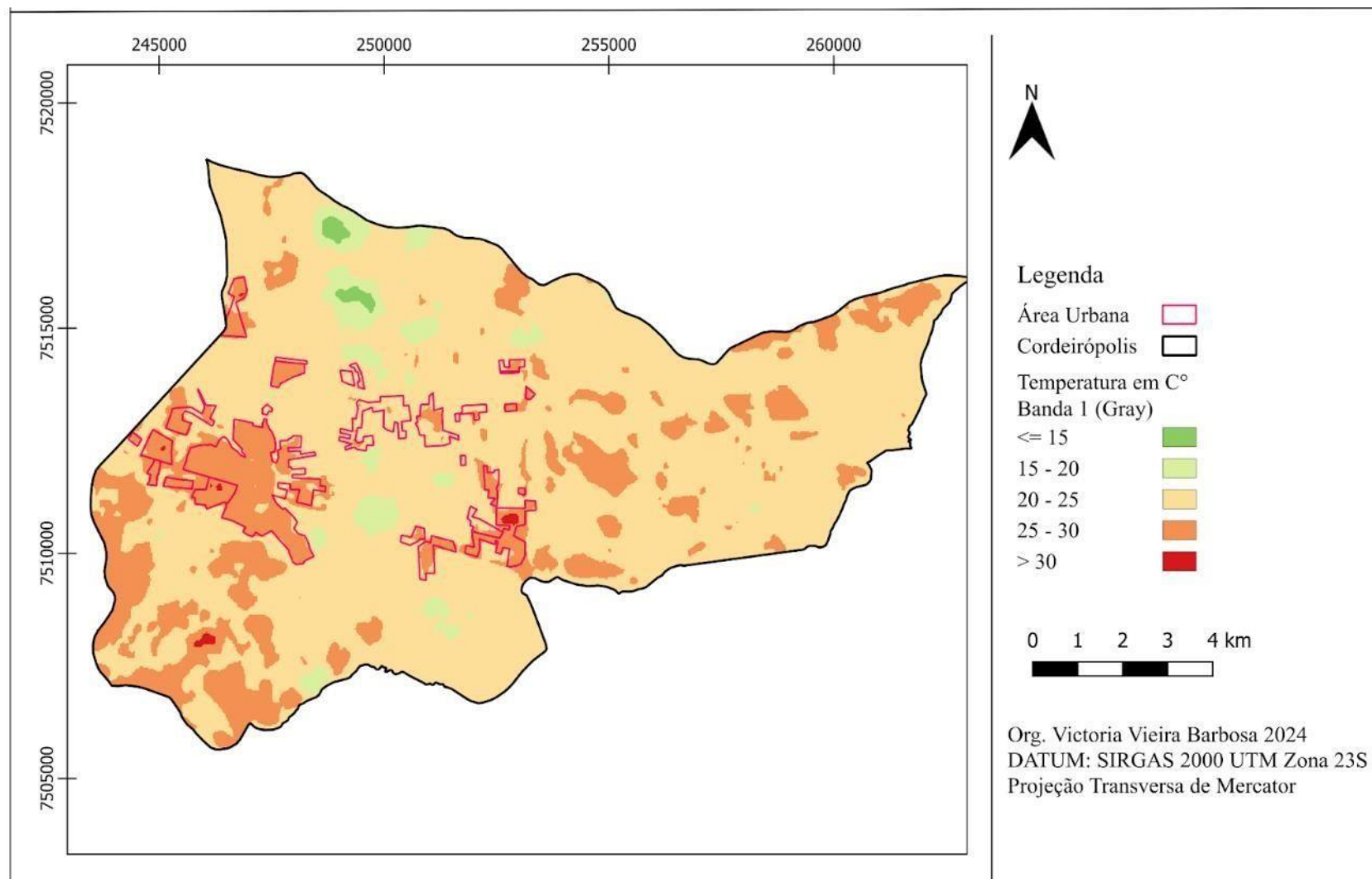
Figura 6: Lavra de extração de argila



Fonte: Google Earth, 2024.

As manchas verde-escuras, na porção norte do município, indicam uma temperatura menor que 15°C, evidenciando a área do Horto Florestal de Cordeirópolis, mostrando uma diferença de temperatura com relação às áreas ao redor. Na maior parte do município, evidenciando-se no entorno do perímetro urbano, as temperaturas são medianas, variando entre 20°C e 25°C.

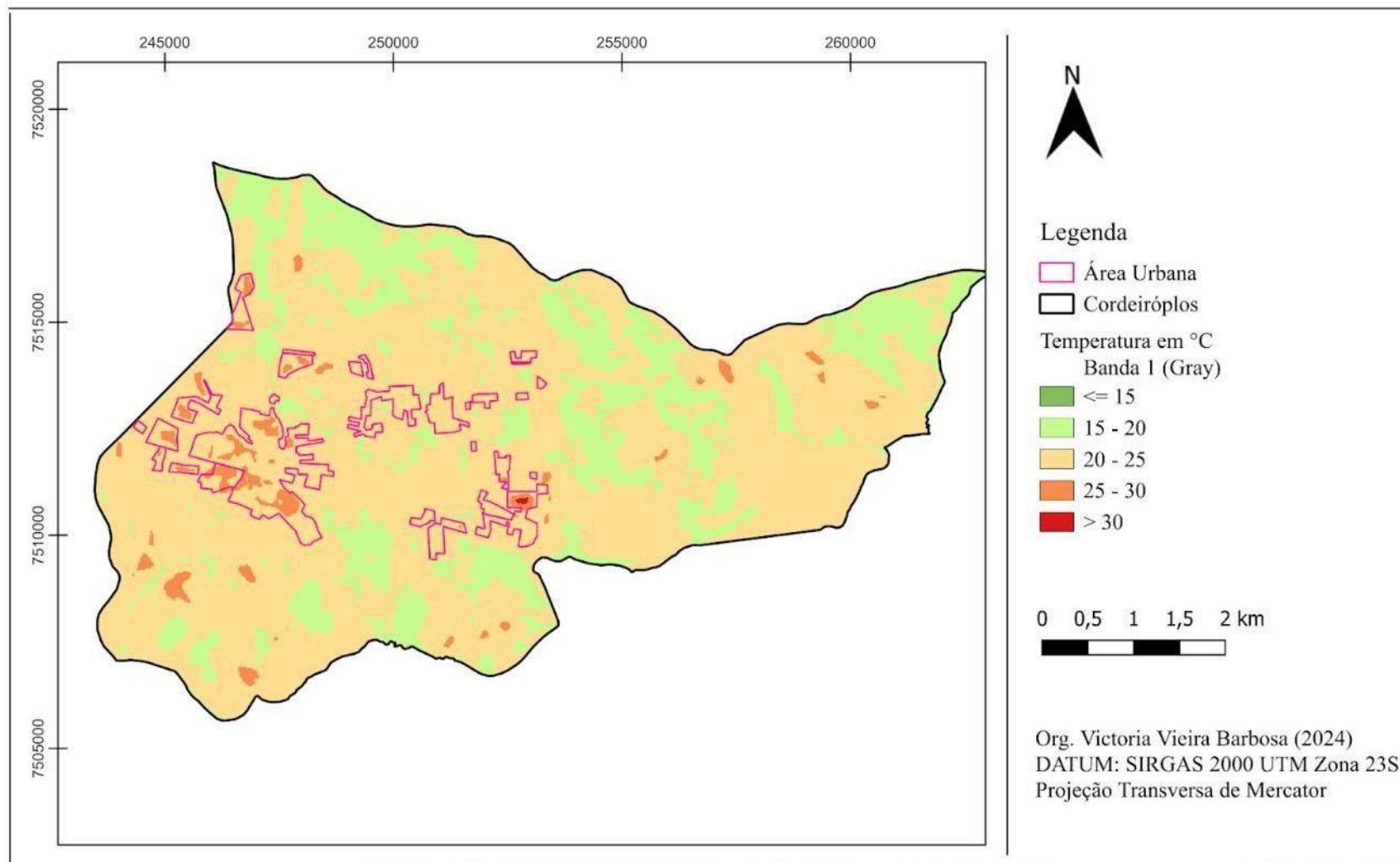
Figura 7: Temperatura de Superfície Terrestre (TST) – 15 de janeiro de 2023 - município de Cordeirópolis/SP



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

A figura 8 exibe os dados de temperatura do dia 21 de abril de 2023, representando o outono da região. Neste mapa destaca-se uma amenização da temperatura da área. As áreas próximas ao limite do município, apresentam menores temperaturas, de entre 15°C a 20°C, onde encontram-se as áreas verdes como o Horto Florestal de Cordeirópolis. Nesta época do ano as áreas centrais, atingem temperaturas entre 20 e 30°C, onde se situam o centro urbano de Cordeirópolis, as indústrias de cerâmica e a fábrica da Nestlé no distrito industrial, ou seja, são áreas que se destacam com maior albedo no município.

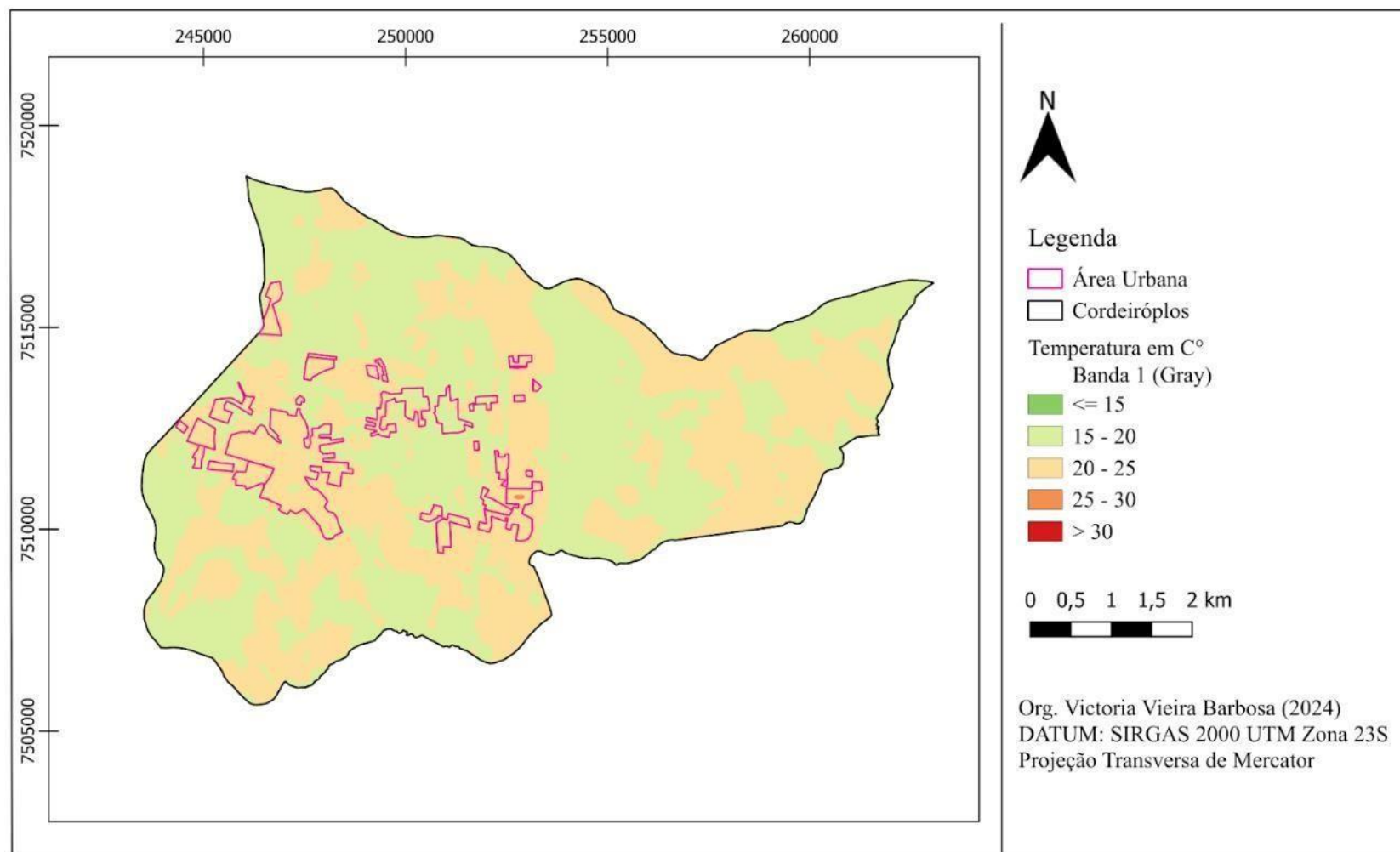
Figura 8: Temperatura de Superfície Terrestre (TST) – 21 de abril de 2023 - município de Cordeirópolis/SP



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

A figura 9, que representa o inverno do dia 18 de julho de 2023, evidencia uma amenização da temperatura, com médias gerais de 15°C a 25°C em todo o município, destacando-se áreas de maiores albedos, como a região urbana central e o distrito industrial, que apresentam predominantemente temperaturas entre 20°C e 25°C. Também neste momento do ano, o setor de destaque continua sendo a fábrica da Nestlé (a região em vermelho, no distrito industrial), sendo a área mais quente do município, atingindo temperaturas entre 25°C a 30°C, assim, evidenciando padrões que se repetem nos outros períodos do ano.

Figura 9: Temperatura de Superfície Terrestre (TST) – 18 de julho de 2023 - município de Cordeirópolis/SP



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

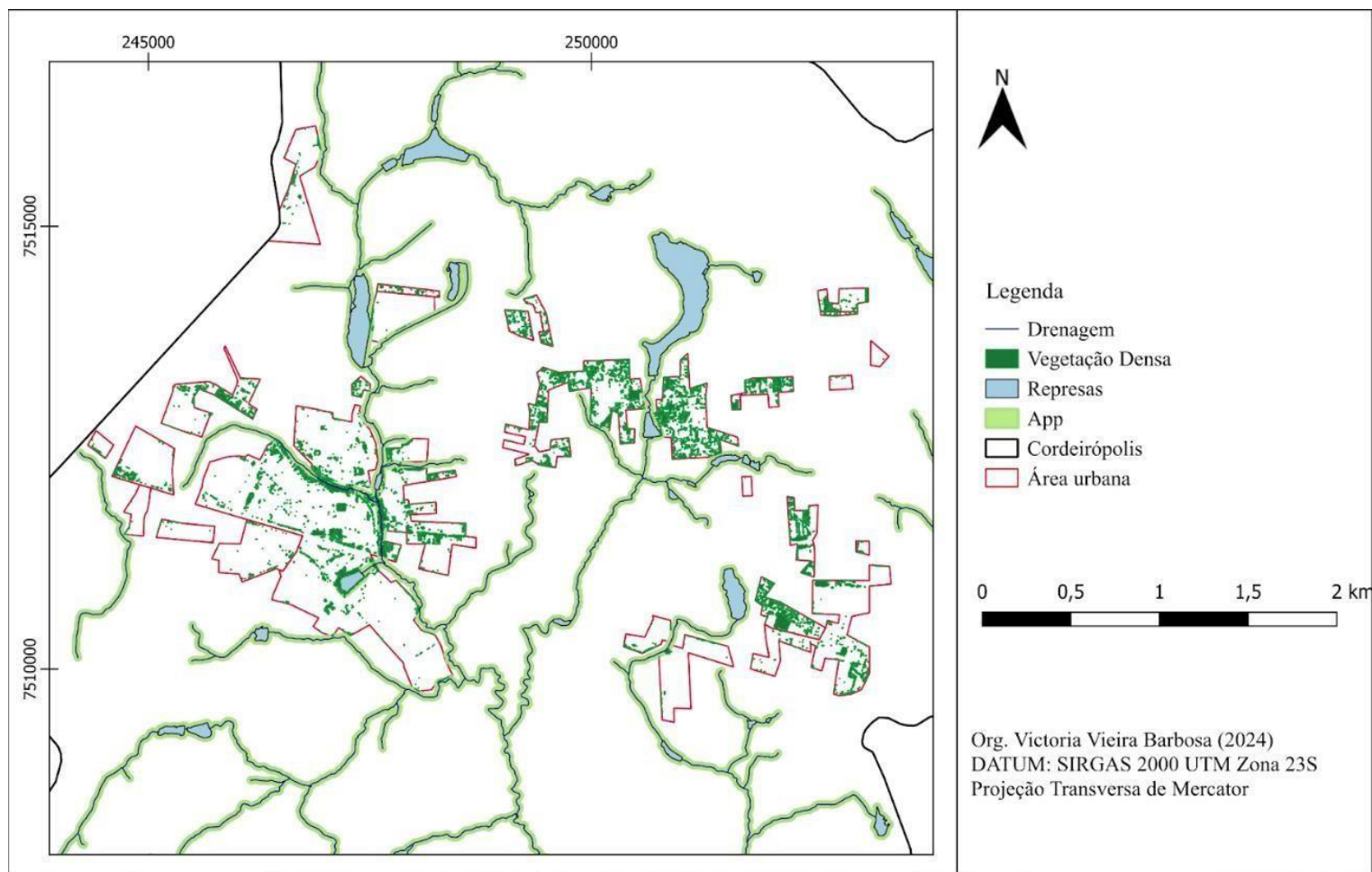
Com base nesses resultados, pode-se observar que no decorrer do ano de 2023, mesmo com a variação das estações do ano, os setores com a temperatura de superfície mais elevada mantiveram o mesmo padrão nas três épocas do ano, enquanto os setores de menores temperaturas também mantiveram as mesmas variações. Tais aspectos, mostraram que os locais principalmente mais asfaltados, se destacaram pela elevada temperatura, enquanto os ambientes mais arborizados mantiveram a temperatura mais amena.

6.2 - Análise do mapa de cobertura vegetal

Com base no mapa temático de vegetação, elaborado através da classificação semiautomática da imagem orbital do dia 16 de dezembro de 2023 (figura 10), foi possível observar que a vegetação urbana da área estudada não está de acordo com as alíneas do inciso I do art. 4º da Lei 12. 651/2012, na qual determina que as dimensões da vegetação de APP precisam ter largura mínima de 30 metros para os cursos d'água de até 10 metros de largura e no entorno das nascentes, a APP é de 50 metros. No mapa, é possível notar que a borda do leito do rio que passa pela parte central do município apresenta baixo volume de vegetação.

O mapa também indica baixa incidência de vegetação na parte central da cidade, se concentrando um pouco mais no distrito de Cascalho e com alguns pontos aparentes no distrito industrial. De modo geral, a vegetação se encontra escassa, com algumas porções sinalizando praças e avenidas principais. No distrito Industrial e na Zona Central apresentam uma grande carência de vegetação de APPs, sendo indispensável para o equilíbrio da biodiversidade na região.

Figura 10: Cobertura vegetal - perímetro urbano de Cordeirópolis - SP



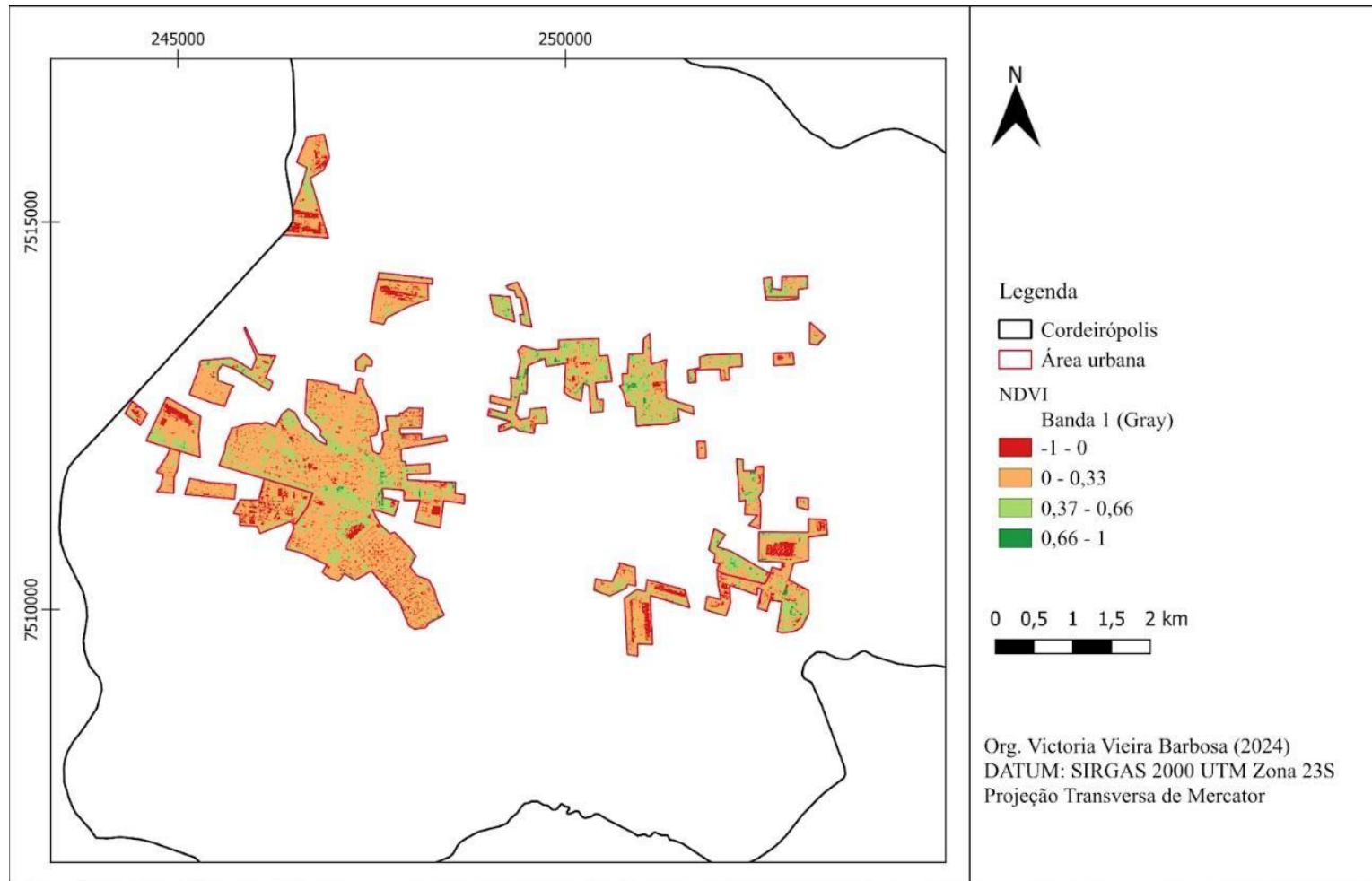
Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

Observando-se o mapa (figura 10), nota-se que há um desprovisionamento de vegetação na parte urbana de Cordeirópolis, com baixas concentrações por todo o perímetro, especialmente nos setores Sul, Sudeste e Sudoeste.

6.3 - Análise do mapa de vegetação por índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Com os valores obtidos para este mapa temático de NDVI, observa-se na figura 11 que a maior concentração dos valores mais altos do índice está no distrito de Cascalho, demonstrando a quantidade elevada de vegetação saudável no local (entre 0,33 e 0,66). Há alguns pontos também de valores mais altos na parte central do Centro de Cordeirópolis, representando as praças e as avenidas principais da cidade. Porém, a região se caracteriza predominantemente pela classe laranja (entre 0 e 0,33), representando baixo índice de vegetação saudável. No distrito industrial (área urbana na região sudeste do mapa), há a maior concentração de valores mais baixos, apresentando vários pontos em vermelho, representando as indústrias presentes no local e, conseqüentemente, a pouca vegetação inserida neste ambiente.

Figura 11: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) - perímetro urbano de Cordeirópolis - SP



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

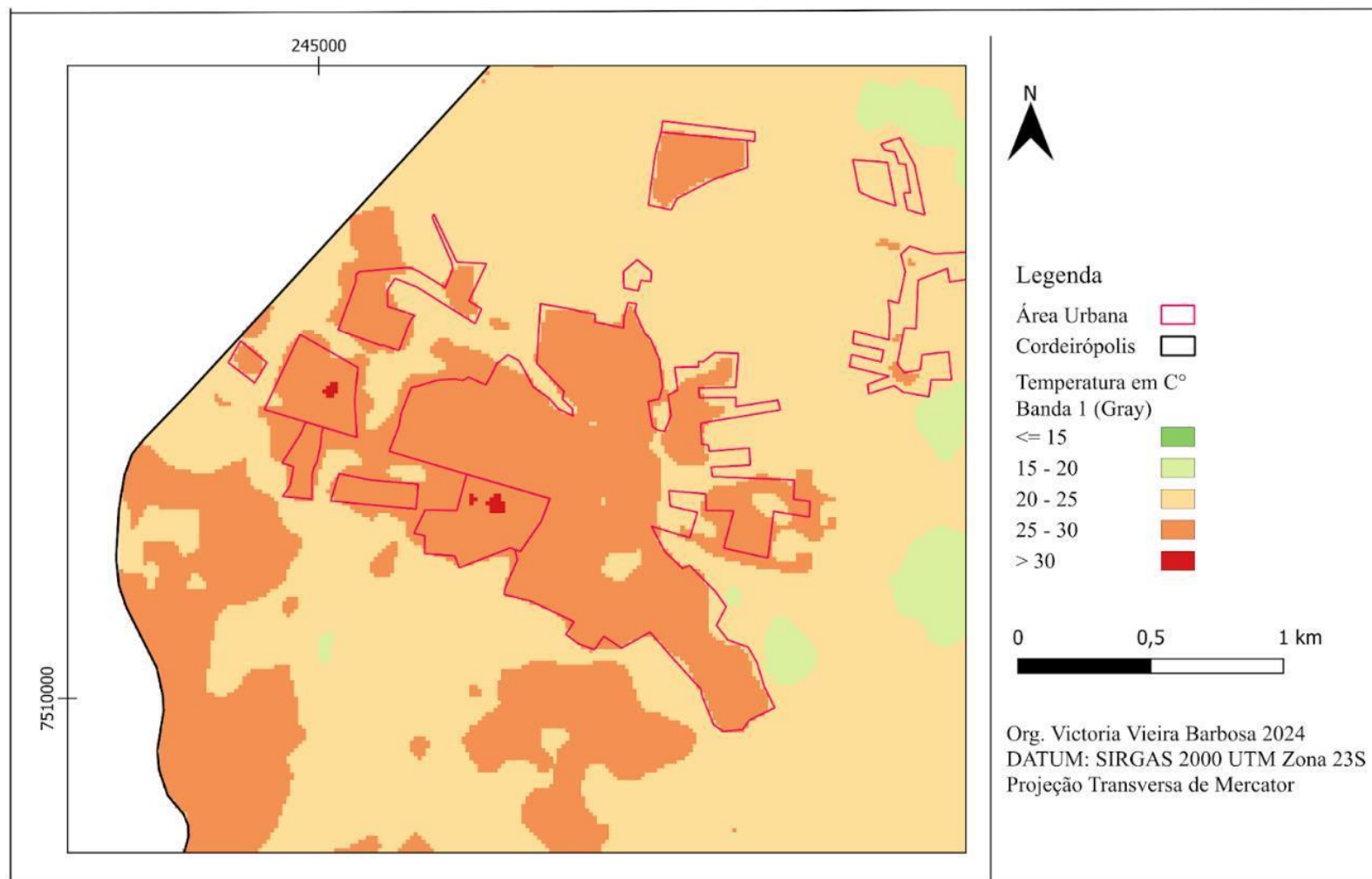
Assim, é possível observar que os valores mais baixos de NDVI (de -1 a 0,33) ocupam a maior parte da área estudada, com exceção do distrito de Cascalho e de alguns segmentos desconectados. Com isso, evidencia-se o inadequado planejamento urbano quanto a gestão da vegetação urbana.

6.4 - Comparação visual dos resultados obtidos

Com o objetivo de analisar melhor a área urbana principal, foram efetuados recortes nos mapas temáticos, a fim de correlacionar os dados de temperatura da superfície terrestre do dia 15 de janeiro de 2023, de cobertura vegetal e de NDVI numa escala detalhada.

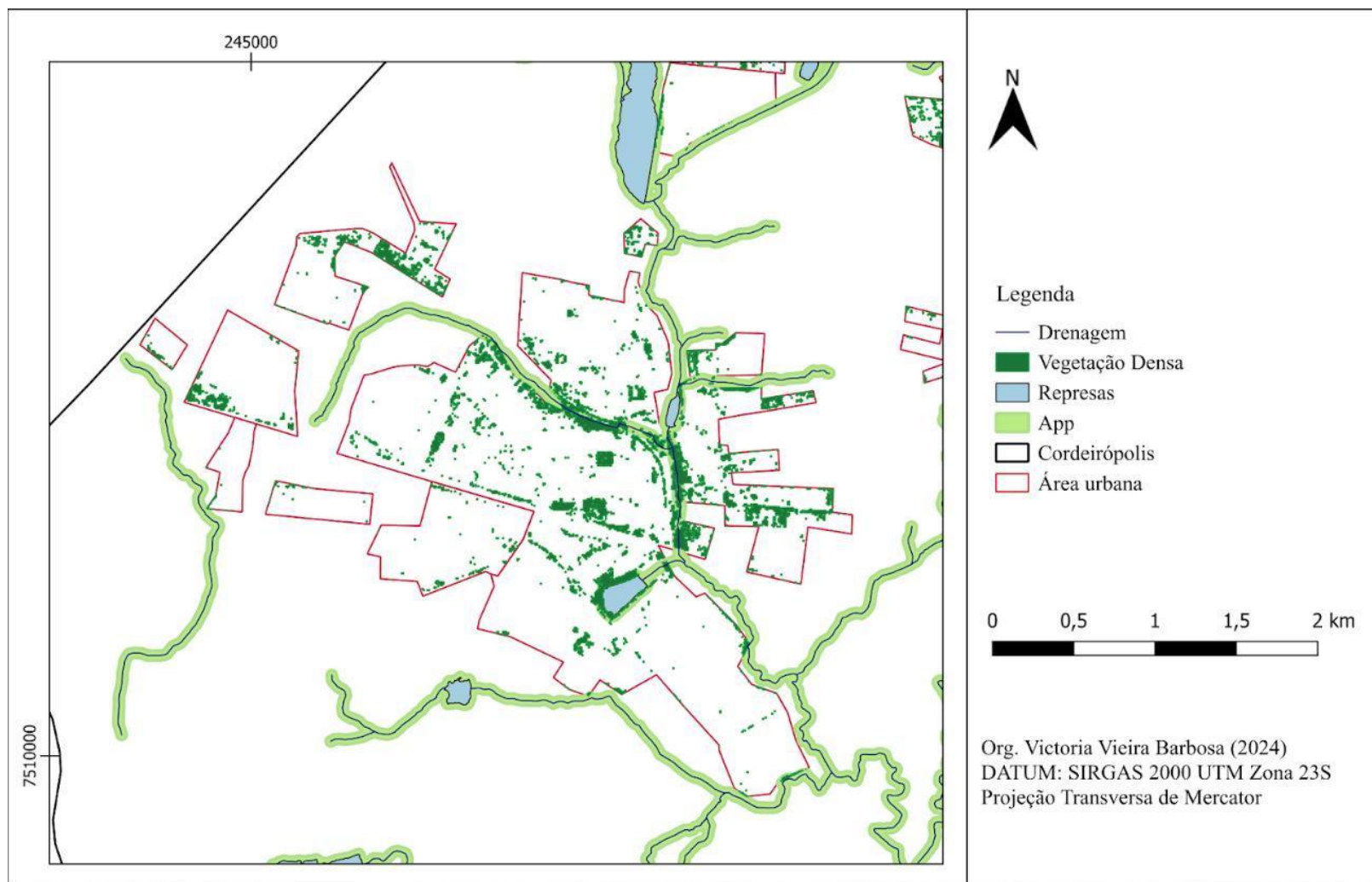
Assim, observa-se que a região central (figuras 12, 13 e 14) apresenta altas temperaturas, menor índice de NDVI e com isso baixas concentrações de cobertura vegetal, com apenas alguns setores nas bordas da área que representa praças e avenidas principais da cidade.

Figura 12 - TST (15 de janeiro) da região urbana central de Cordeirópolis/SP



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

Figura 13 - Cobertura vegetal da região urbana central de Cordeirópolis/SP



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

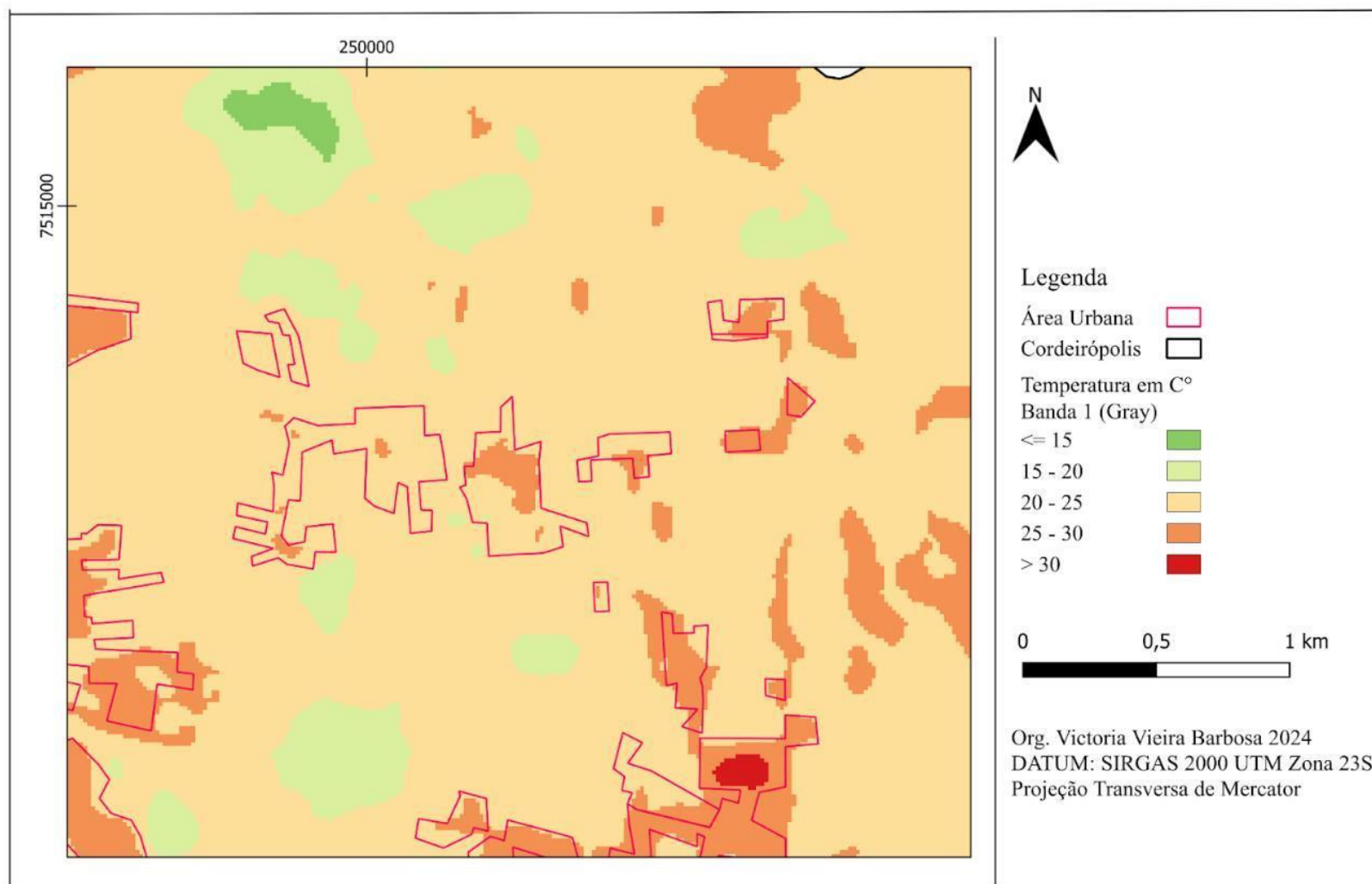
Figura 14 - NDVI da região urbana central de Cordeirópolis/SP



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

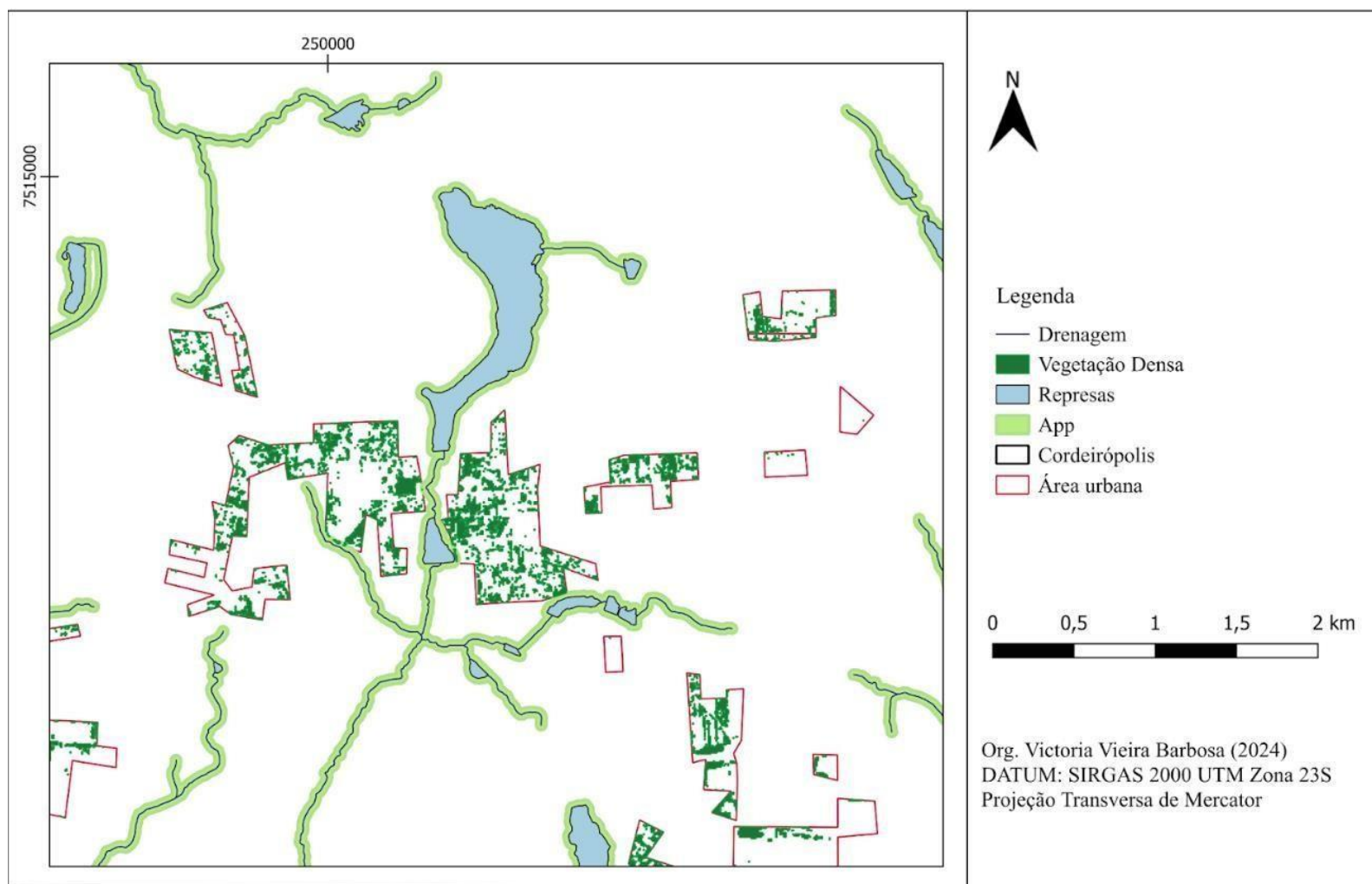
Em razão de a área apresentar amplas áreas de lavouras, praças, plantações e hortas, a região do distrito de Cascalho (figuras 15, 16 e 17) possui as menores temperaturas comparada com as outras regiões, com maior índice de cobertura vegetal e, conseqüentemente, maior índice de NDVI, com exceção de somente algumas porções na região central com maior urbanização, que apresentam menos vegetação.

Figura 15 - TST (15 de janeiro) do Distrito de Cascalho - Cordeirópolis/SP



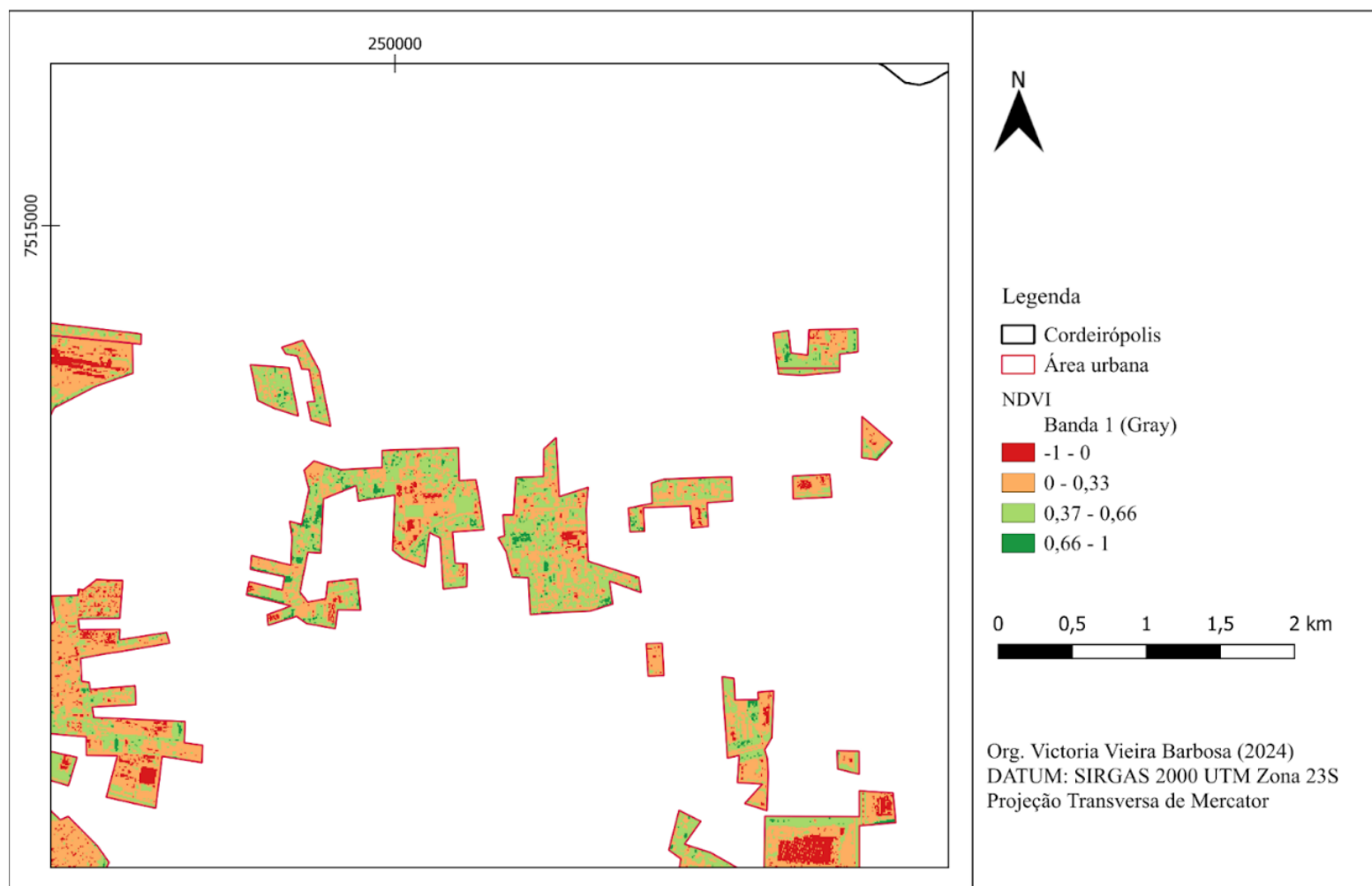
Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

Figura 16 - Cobertura vegetal do distrito de Cascalho - Cordeirópolis/SP



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

Figura 17 - NDVI do distrito de Cascalho - Cordeirópolis/SP



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

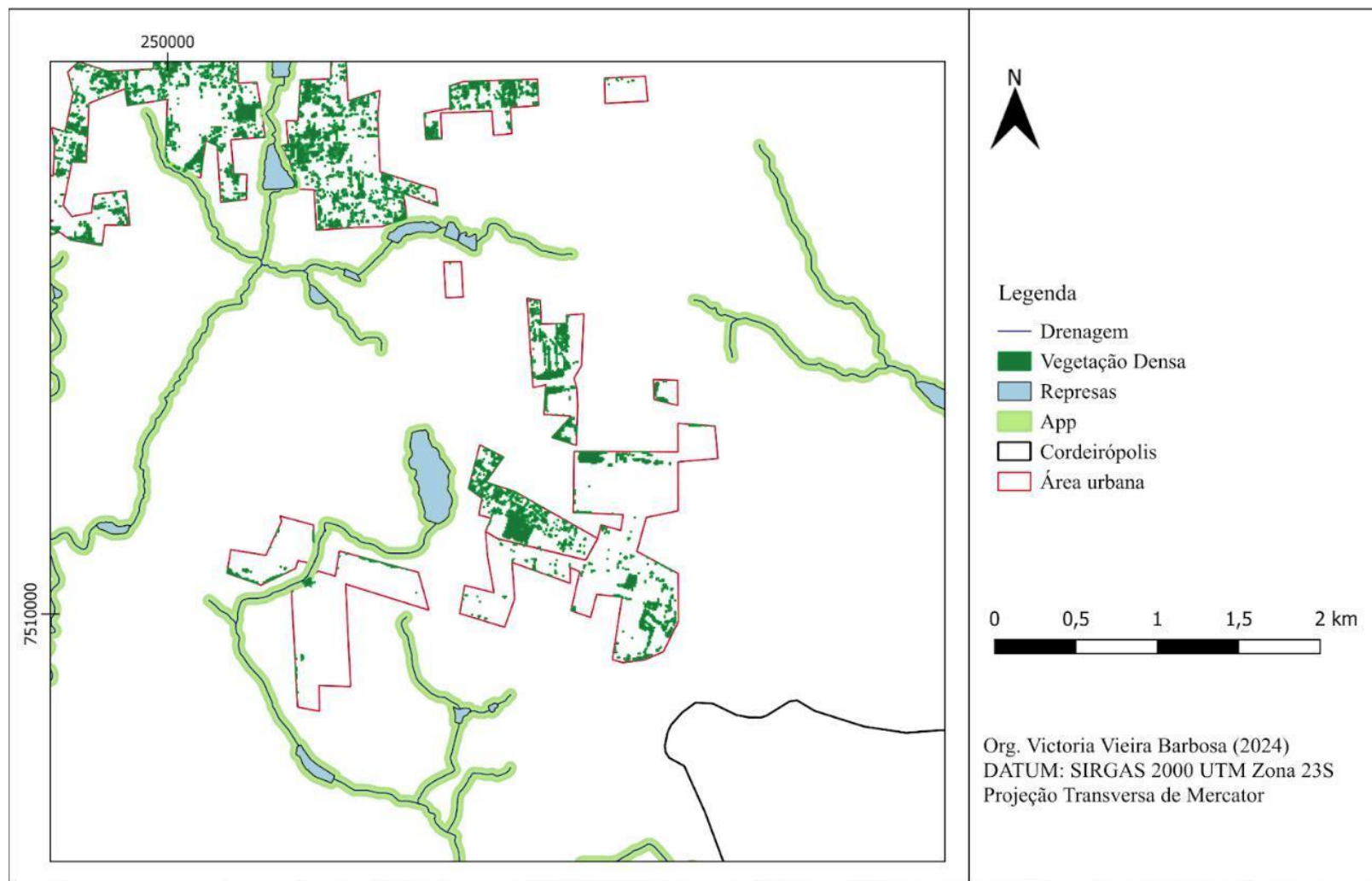
Em contrapartida, no distrito industrial (figuras 18, 19 e 20), foram apresentadas as áreas com a maior temperatura, menos cobertura vegetal e menor índice NDVI comparado com as outras duas regiões. Isto ocorre devido a intensa urbanização no local, apresentando indústrias e áreas construídas, com poucos setores de cobertura vegetal, sendo representados por praças e algumas plantações.

Figura 18 - TST do distrito industrial da Cordeirópolis



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

Figura 19 - Cobertura vegetal do distrito industrial de Cordeirópolis



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

Figura 20 - NDVI do distrito industrial de Cordeirópolis



Elaboração: a autora, 2024. Fonte: IBGE, 2022 e INPE, 2023.

Ao analisar os mapas do município de Cordeirópolis e da área urbana, é possível constatar como é notória a correlação entre TST, cobertura vegetal e NDVI. Também, destaca-se como as baixas temperaturas e a vegetação estão centrifugamente se distanciando dos centros urbanos, se localizando mais nos limites da cidade, sendo que o mapa de uso de terra confirma que as áreas urbanas da cidade de Cordeirópolis são as regiões com menos vegetação e com a superfície do solo mais quente comparadas com as áreas mais arborizadas e de floresta.

7. ANÁLISE INTEGRADA

Este trabalho permitiu reafirmar que a coleta de dados atualizados e as geotecnologias podem fornecer análises ricas em informações mesmo que de forma remota. Assim, como os resultados demonstraram, é possível visualizar que, espacialmente, existe uma relação entre temperatura e vegetação. Porém, para uma maior precisão, seria necessário a ida ao campo, pois com apenas imagens de satélite não é possível adquirir todo o conhecimento sobre uma determinada área, como o índice de temperatura do ar, por exemplo.

Outro aspecto importante a ser levado em conta é que as imagens obtidas para a realização dos mapas não ultrapassam o período de um ano, causando uma perda da dimensão de mudanças e evolução da cobertura vegetal e da temperatura ao longo do tempo, criando um impedimento para a relação das informações com comportamento do clima da região.

No caso do NDVI em específico, os mapas não mostram as áreas ocupadas pela vegetação em si, mas na verdade indicam uma relação da reflectância de infravermelho próximo das plantas (Weng, 2004), podendo haver sombras, folhas ou outros elementos que não se constituem em vegetação propriamente dita como interferência.

Considerando-se que Cordeirópolis está inserido em uma região com intensa mineração e atividade industrial, contendo muita cobertura asfáltica, de materiais metálicos e de construções, foi possível identificar o fenômeno de formação de ilhas de calor como foi abordado na revisão bibliográfica deste estudo. Assim, confirmou-se que as regiões menos arborizadas e com mais urbanização tendem a ter uma temperatura maior do que àquelas com maior cobertura vegetal.

8. CONCLUSÃO

A atividade antrópica influencia em vários fatores na natureza e no meio em que está inserida. Com a mudança da paisagem que diariamente vem acontecendo pela ação do homem, neste estudo pode-se verificar que essa interferência humana está ligada diretamente com a formação de ilhas de calor, mostrando que há relação entre a temperatura da superfície e o uso da terra.

Como uma forma de remediar o problema da carência de vegetação e, conseqüentemente, das altas temperaturas na área de estudo, seria importante a implementação de planos e programas de arborização urbana, principalmente nas áreas no entorno dos rios que formam as APP 's. Uma alternativa é a criação de corredores verdes, que são espaços abertos que podem desempenhar funções ecológicas em áreas urbanas (Teresinha e Mesquitta, 2006). Assim, a instalação de corredores verdes seria relevante para amenizar o problema das ilhas de calor, necessitando pouca manutenção, melhorando a qualidade de vida e preservando a biodiversidade.

O adequado planejamento pelo poder público, permitiria o incremento de vegetação nas praças e canteiros existentes, além da disponibilização de mudas através da criação de viveiros, medidas que auxiliariam o espaço urbano a entrar em harmonia com a natureza, diminuindo a sensação térmica, trazendo bem estar e conforto para a população. A implementação dos corredores verdes em si, em áreas maiores, teria que passar por alterações no plano diretor e contar com a participação dos cidadãos de Cordeirópolis.

9. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. M. de. O Diálogo entre as Dimensões Real e Virtual do Urbano. In: ALMEIDA, C. M. de.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. (Orgs.). Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 368 p.
- AMORIM, M. C. de C.T. Análise ambiental e qualidade de vida na cidade de Presidente Prudente/SP. 1993. Dissertação (Mestrado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- AVELINO, P. H. M. Análise geo-ambiental multitemporal para fins de planejamento ambiental: um exemplo aplicado à bacia hidrográfica do Rio Cabaçal, Mato Grosso - Brasil. Anuário do Instituto de Geociências, v. 29, n. 2, p. 241–242, 1 jan. 2006.
- Cordeirópolis - SP. Disponível em: <<https://infosanbas.org.br/municipio/cordeiropolis-sp/>>. Acesso em: 4 jun. 2024.
- CROSTA, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. [s.l.] UNICAMP/Instituto de Geociências, 1999.
- DEÁK, C.; SCHIFFER, S. T. R. O processo de urbanização no Brasil. [s.l.] EdUSP, 1999.
- DENG, Y. et al. Relationship among land surface temperature and LUCC, NDVI in typical karst area. Scientific Reports, v.8, n. 641, p. 1-12, 2018. DOI: 10.1038/s41598-017-19088-x
- FLORENZANO, M. Sobre as origens e o desenvolvimento do Estado moderno no Ocidente. Lua Nova: Revista de Cultura e Política, n. 71, p. 11–39, 2007.
- FLORENZANO, T. G. Imagens de Satélite para estudos ambientais. Sensoriamento remoto. 2002
- GARTLAND, L. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. [s.l.] Oficina de Textos, 2011.

Gartland, L. (2008) Heat Islands Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas in the UK and USA in 2008. Earthscan, London. - References - Scientific Research Publishing. Disponível em: <<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2094063>>. Acesso em: 4 jun. 2024.

GORGANI, S.A.; PANAHI, M.; REZAIE, F. The relationship between NDVI and LST in the urban area of Mashhad, Iran. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CIVIL ENGINEERING ARCHITECTURE & URBAN SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2013.

GONÇALVES, R. Maxidesvalorização, vulnerabilidade externa e a crise brasileira. Indicadores Econômicos FEE, v. 27, n. 1, p. 59–69, 1999.

GOODCHILD, M. F. Communicating Geographic Information in a Digital Age. Annals of the Association of American Geographers, 90(2), 2000. p. 344-355.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Cordeirópolis: IBGE, 2024

IBRAHIN, F. I. D. Introdução ao Geoprocessamento Ambiental. [s.l.] Saraiva Educação S.A., [s.d.].

IPCC. AR4 Climate Change 2007: Synthesis Report — IPCC. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>>.

LEAL, G. C. G.; FARIAS, M. S. S. DE; ARAÚJO, A. DE F. O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE URBANO. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/O-PROCESSO-DE-INDUSTRIALIZA%C3%87%C3%83O-E-SEUS-IMPACTOS-NO-Leal-Farias/4d6cfcf911be3945acab230de9e3453fc5ca1406>>.

MASCARO, J. J. Significado ambiental-energético da arborização urbana. RUA: Revista de Urbanismo e Arquitetura, 7 out. 2008.

MASCARENHAS, L. M. DE A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia. *Sociedade & Natureza*, v. 21, n. 1, p. 5–18, abr. 2009.

MENDONÇA, F.A. O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno. Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina, PR. Tese de Doutorado, FFLCH/USP, São Paulo - SP, 1994.

MILANO, M.S. Avaliação quali-quantitativa e manejo da arborização urbana: Exemplo de Maringá-PR. 1988. 120 F. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.

MWANGI, P.W.; KARANJA, F N.; KAMAU, P.K. Analysis of the Relationship between Land Surface Temperature and Vegetation and Built-Up Indices in Upper-Hill, Nairobi. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, n. 6, 1-16, 2018.

NEVES, B. Cordeirópolis recebe prêmio internacional de arborização urbana – Prefeitura Municipal de Cordeirópolis. Disponível em:
<<https://www.cordeiropolis.sp.gov.br/cordeiropolis-recebe-premio-internacional-de-arborizacao-urbana/>>. Acesso em: 4 jun. 2024

NUCCI, J.C. Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). São Paulo: USP, FFLCH, 2001.

PAULEIT, S.; DUHME, F. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*, v. 52, n. 1, p. 1–20, Nov. 2000.

PENNA, N. A. GEOUSP -ESPAÇO E TEMPO, S.; PAULO. URBANIZAÇÃO, CIDADE E MEIO AMBIENTE. v. 12, p. 125–140, 2002.

PRIMACK, Richard B.; RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação*. 2001.

RESENDE, W. X.; SOUZA, H. T. R.; SOUZA, R. M. Índices de Áreas Verdes Públicas: uma avaliação fitogeográfica da qualidade ambiental em Aracaju. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. UFV, 2009.

ROMERO, Marta Adriana Bustos et al. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo; ETB, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18830/ISBN.978-85-67405-25-4>.

ROSS, J. L. S. Geografia e as transformações da natureza: relação sociedade-natureza. Geografia, tradições e perspectivas: interdisciplinaridade, meio ambiente e representações, 2009.

SANTOS, Milton. *Pobreza urbana*. São Paulo: Edusp, 2013.

SANTOS, Milton. A URBANIZAÇÃO BRASILEIRA. 2002

SILVA, L. F. da Situação da arborização Viária de espécies para os bairros Antônio Zanaga I e II, da Cidade de Americana/SP. 2005. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SPRÖL, C.; ROSS, J. L. S. Comparative analysis of environmental fragility by applying three models. GEOUSP: Espaço e Tempo (Online), n. 15, p. 39, 17 jun. 2006.

TERESINHA, M.; MESQUITA, R. Using greenways to reclaim nature in Brazilian cities. Landscape and Urban Planning, n. 76, p. 67–78, 2006.

TOLEDO, F.S.; MAZZEI, K.; SANTOS, D. G. Um índice de áreas verdes (IAV) na cidade de Uberlândia/MG. In: Revista Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. (REVSABU), Piracicaba-SP, v.4, n.3, p.86-97, 2009.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. DOS. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. www.alice.cnptia.embrapa.br, 1998.

VIEIRA, Paulo. UM ESTUDO DA EVOLUÇÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE CORDEIRÓPOLIS/SP: COM AUXÍLIO DO SIG. Revista Ágora, 2018

VIEIRA, P. H. [UNESP. Adaptação da metodologia de Fragilidade Ambiental para atividades de mineração de argila: um estudo de caso visando o planejamento territorial. repositorio.unesp.br, 11 out. 2018.

WENG. Q.; LU. D.; SCHUBRING. J. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote Sensing of Environment, v. 89, n. 4, p. 467–483, fev. 2004.

YAMAMOTO, M.A; SCHIMIDT, R.O.L; COUTO, H.T.Z; SILVA FILHO, D.F. Árvores Urbanas, Piracicaba,2004.

YUE, W. et al. The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat & ETM+ data. International Journal of Remote Sensing, v. 28, n. 15, 3205-3226, 2007. Doi: 10.1080/01431160500306906

ZAIDAN. R. T. Geoprocessamento conceitos e definições. PPGeo - UFJF: Revista de geografia. 2017.