

An aerial photograph of São Paulo, Brazil, showing a dense urban landscape with numerous high-rise buildings and a mix of green spaces. The city extends to the horizon under a clear blue sky.

Amanda Lombardo Fruehauf

**Pluralismo na Paisagem
do Município de São Paulo - SP,**
seus desafios e possíveis soluções baseadas na Natureza

**Pluralismo na Paisagem do Município de
São Paulo – SP, seus desafios e possíveis
Soluções baseadas na Natureza**



Pedro & João
editores

Livro com base na tese: "Intervenções na paisagem para implantação de uma infraestrutura verde com ênfase nas soluções baseadas na natureza no município de São Paulo – SP"

Apoiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela bolsa de doutorado a mim concedida – Código de Financiamento 001.



Sob orientação do Professor Doutor Paulo Renato Mesquita Pellegrino (Professor Associado (Sênior) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design Universidade de São Paulo) e colaboração de Magda Adelaide Lombardo (Professora Sênior da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo).

Amanda Lombardo Fruehauf

**Pluralismo na Paisagem do Município de
São Paulo – SP, seus desafios e possíveis
Soluções baseadas na Natureza**

Copyright © Amanda Lombardo Fruehauf

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos da autora.

Amanda Lombardo Fruehauf

Pluralismo na Paisagem do Município de São Paulo – SP, seus desafios e possíveis Soluções baseadas na Natureza. São Carlos: Pedro & João Editores, 2024. 288p. 16 x 23 cm.

ISBN: 978-65-265-1657-7 [Digital]

1. Paisagem urbana. 2. Arborização urbana. 3. Geotecnologias. 4. Geodesign. 5. Qualidade de vida. I. Título.

CDD – 370/900

Capa: Marcos Della Porta

Ficha Catalográfica: Hélio Márcio Pajeú – CRB - 8-8828

Diagramação: Diany Akiko Lee

Editores: Pedro Amaro de Moura Brito & João Rodrigo de Moura Brito

Conselho Editorial da Pedro & João Editores:

Augusto Ponzio (Bari/Itália); João Wanderley Geraldi (Unicamp/Brasil); Hélio Márcio Pajeú (UFPE/Brasil); Maria Isabel de Moura (UFSCar/Brasil); Maria da Piedade Resende da Costa (UFSCar/Brasil); Valdemir Miotello (UFSCar/Brasil); Ana Cláudia Bortolozzi (UNESP/Bauru/Brasil); Mariangela Lima de Almeida (UFES/Brasil); José Kuiava (UNIOESTE/Brasil); Marisol Barenco de Mello (UFF/Brasil); Camila Caracelli Scherma (UFFS/Brasil); Luís Fernando Soares Zuin (USP/Brasil); Ana Patricia da Silva (UERJ/Brasil).



Pedro & João Editores

www.pedroejoaoeditores.com.br

13568-878 – São Carlos – SP

2024

DEDICATÓRIA

Á toda população do Município de São Paulo - SP,
que busca qualidade de vida;
Aos meus antepassados, assim como minha família
presente, Lombardo e Fruehauf,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo à Deus que me protege e guia todos meus passos nessa jornada.

A minha mãe, Magda Adelaide Lombardo, que com todo carinho me apoia e me inspira na construção desta tese. Sem ela nada disso seria possível.

Ao meu pai, George Lentz Cesar Fruehauf, que com muito otimismo torce pelo meu sucesso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Renato Mesquita Pellegrino, por toda a orientação, pela troca no saber científico e amizade nesta trajetória.

Agradeço ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela bolsa de doutorado a mim concedida – Código de Financiamento 001.

Ao Dr. Jefferson Lordello Polizel, pela contribuição na construção dos mapas com geoprocessamento de toda esta pesquisa. A Prof. Dra. Pollyane Vieira da Silva pelo auxílio na análise estatística e sua amizade.

Ao trabalho da Dra. Samara Martins Silva, que muito contribuiu para revisão ortográfica e formatação deste trabalho.

Ao laboratório CMQ (ESALQ) e LabVerde (FAU/USP), pelo apoio em construção de *workshops* de *Geodesign*, trabalhos acadêmicos e momentos no café de trocas. Destaco os colegas: Gustavo Oliva, Jéssica dos Santos, Daniela Manfrim, Nathalia Braga, Talita Angélico, Mariana Saito, Guilherme Landim, Jorge Monteiro, Ricardo Silva, Jocy Souza, Isabel Sousa, Vinícius Gonçalves, e também Prof. Dra. Andriana Sandre, Prof. Dr. Rubens do Amaral. Prof. Dra. Ana Clara Moura, Prof. Dr. Silvio Motta, Matheus Coelho, Ashiley Rosa e Prof. Dra. Cintia Maruyama.

Agradeço em especial também todos funcionarios da ESALQ, em especial Giovana Oliveira.

Os colegas e professores das disciplinas cursadas neste período de doutorado na ESALQ/USP, Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais (**LCF5777-3/3 Ecologia Florestal Urbana** ministrada por Prof. Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho, **LCF5882-2/5 Sistemas Agroflorestais** ministrada pelo Prof. Dr. Ciro Abbud Righi) e na FAU/USP (**AUP5810-12/1 Paisagem e Ambiente** ministrada pelo Prof. Dr. Vladimir Bartalini e **AUT5823-5/5 Conforto Ambiental em Espaços Urbanos Abertos** ministrado pela Prof. Dra. Denise Duarte).

Ao Estágio Supervisionado em Docência do Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE) junto à disciplina **LCF1697 - Gestão de Impactos Ambientais**, sob coordenação da Prof. Dra. Kátia Ferraz que tanto me auxiliou nessa etapa.

A disciplina do Programa de Pós - Graduação em Recursos Florestais, ESALQ/USP (Clima Urbano, Paisagem, Saúde e Qualidade de Vida), que pude fazer parte do decorrer do curso, sob responsabilidade Prof. Dra Magda Adelaide Lombardo e Prof. Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho.

A oportunidade de participar no congresso internacional "*Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning*" de 2019 em Amherst - Massachusets, Boston, EUA, onde conheci o Prof. Dr. Jack Ahern e prof. Dr. Robert L. Ryan que tanto me inspiraram neste estudo da paisagem urbana.

Aos membros da qualificação: Prof. Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho; Dr. Jefferson Lordello Polizel; Prof. Dr. Antonio Carlos Sarti, que tanto contribuíram com a leitura atenciosa deste trabalho.

À todos e todas que lutam pela arborização urbana e tanto me inspiram.

“Foi o começo da vida de geógrafo: ler e interpretar a paisagem, ter a noção da sequência dos cenários de um determinado espaço, passou a ser uma constante em toda a minha vida”.

Aziz Ab’Saber

PREFÁCIO

Paulo Renato Mesquita Pellegrino¹

O presente livro, *Pluralismo na Paisagem do Município de São Paulo – SP*, seus desafios e possíveis Soluções baseadas na Natureza, emerge em um contexto de crescente urbanização, no qual as pressões ambientais, sociais e econômicas desafiam as estruturas urbanas e a qualidade de vida de seus habitantes. Ao propor um olhar multidisciplinar e integrado sobre o território paulistano, a autora, Amanda Lombardo Fruehauf, nos guia em uma análise profunda que vai além da compreensão teórica, oferecendo caminhos práticos para a mitigação dos impactos urbanos por meio de soluções baseadas na natureza.

A relevância do tema é evidente. Enfrentamos o agravamento das mudanças climáticas, a intensificação do fenômeno das ilhas de calor urbanas e o declínio na qualidade ambiental das cidades. Este trabalho, sustentado por sólida pesquisa e aplicação de métodos inovadores como o Geodesign e as geotecnologias, fornece um repertório rico em possibilidades de intervenção para a promoção de cidades mais resilientes, sustentáveis e justas.

Amanda nos apresenta um estudo detalhado sobre a infraestrutura verde e a arborização urbana, destacando como esses elementos podem não apenas melhorar o conforto térmico e a saúde da população, mas também ressignificar a paisagem urbana. Suas análises das Zonas Central e Leste da cidade de São Paulo são particularmente valiosas, considerando o impacto socioambiental que essas áreas enfrentam devido à carência de vegetação e planejamento adequado.

¹ Professor Associado Sênior do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo.

Esta obra é mais do que uma leitura técnica: é um convite à reflexão e à ação. Ela inspira gestores, acadêmicos, planejadores urbanos e cidadãos a pensarem na paisagem como infraestrutura essencial e a considerarem as árvores e áreas verdes como protagonistas na transformação urbana.

Que este livro seja um guia e uma fonte de inspiração para todos que acreditam na possibilidade de um futuro urbano mais harmonioso e sustentável.

São Paulo, 2024.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa e relevância do estudo proposto	18
1.2 Hipótese	18
1.3 Objetivos	20
1.3.1 Objetivo geral	20
1.3.2 Objetivos específicos	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Paisagem urbana	21
2.2 Espaços livres urbanos	24
2.3 Direito e gestão ambiental e suas reflexões	27
2.4 Ilha de calor urbana	31
2.5 Infraestrutura verde	35
2.6 Floresta urbana	42
2.7 Mobilidade urbana	47
2.8 Geotecnologias para mapeamento	49
2.9 O uso do geodesign nas áreas urbanas	51
2.10 Soluções baseadas na natureza	53
3. MATERIAL E MÉTODOS	57
3.1 Área de estudo	57
3.2 O uso das geotecnologias na realização de mapas	61
3.3 Zonas climáticas locais	65
3.4 Análise estatística	69
3.5 Levantamento da infraestrutura verde	70
3.6 Aplicação do geodesign no planejamento urbano	75
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
4.1 Mapas no Sistema de Informação Geográfica	83
4.1.1 Zona Central e Zona Leste	104
4.2 Análise estatística	124
4.2.1 Correlação linear de Pearson	124
4.2.2 Boxplot	139
4.3 Constatação de eventos extremos na cidade de São Paulo	154

4.4 Levantamento da Local Climate Zones	156
4.4 Abordagem do geodesign na transformação da paisagem	168
4.4.1 Eixo ambiental	170
4.4.1.1 Área de preservação ambiental	170
4.4.1.2 Corredor ecológico	171
4.4.1.3 Parque Estadual	172
4.4.1.4 Parque Municipal	172
4.4.1.5 Reserva da Mata Atlântica	173
4.4.1.6 Unidades de Conservação Municipais	173
4.4.1.7 NVDI municipal	174
4.4.1.8 Hidrografia municipal	174
4.4.2 Eixo mobilidades	175
4.4.2.1 Faixa de ônibus	175
4.4.2.2 Linha de ônibus	175
4.4.2.3 Corredor de ônibus	176
4.4.2.4 Corredor de metrô	176
4.4.2.5 Pontos da estação de trem	177
4.4.2.6 Linha do trem	178
4.4.2.7 Área de preservação ambiental	179
4.4.2.8 Departamento de Engenharia e Tráfego	180
4.4.2.9 Vagas dos estabelecimentos	180
4.4.2.10 Áreas de Zona Azul	181
4.4.3 Eixo clima	181
4.4.3.1 TST	181
4.5 Relatos do workshop	181
4.6 O uso das soluções baseadas na natureza na Zona Central e Zona Leste com enfoque na infraestrutura verde	196
5. CONCLUSÃO	211
6. REFERÊNCIAS	215
APÊNDICES	253

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização intenso, com carência de “Infraestrutura Verde” (IV) e espaços livres altera a dinâmica da paisagem, resultando em impactos negativos no meio ambiente e na qualidade de vida da sociedade. Nas áreas urbanas o processo de expansão territorial acelerado, causa diversos impactos ambientais, como por exemplo a potencialização das enchentes, poluição dos solos, rios, deslizamento de encosta pela ocupação desordenada e desmatamento e a poluição atmosférica resultante da alta circulação de veículos e dos lançamentos de gases das indústrias (Porangaba; Amorim, 2019).

Dessa forma, para mitigar estes impactos deve-se estudar os espaços livres, em busca dos usos e funções destes para a criação de uma infraestrutura verde que deve ser planejada em harmonia com os espaços urbanos.

Assim, é importante criar e inovar nas soluções de design para um dado meio ambiente (Amoroso, 2015). As geotecnologias podem auxiliar no planejamento do espaço, para que os impactos causados ao meio sejam minimizados e a sua recuperação proporcione um desenvolvimento econômico caracterizado pela conservação e uso adequado dos recursos naturais (Bineli; Sais; Gonçalves, 2007).

Entre os problemas ambientais que afetam a população, também se destaca a “Ilha de Calor Urbana” (ICU). A ICU é o fenômeno onde devido à urbanização os valores de temperatura são alterados, sendo o centro mais quente do que as áreas circundantes não urbanizadas (Voogt; Oke, 2003).

As áreas urbanas são caracterizadas por uma topografia fortemente heterogênea e exibem um clima local diferente do que as zonas rurais circundantes. Isto se deve às diferenças dos equilíbrios de superfície de energia, água, e dinâmica entre as áreas rurais e urbanas (Oke et al. 2017). Sendo assim, é necessário mitigar os

impactos ambientais, como ICU, poluição do ar e enchentes na busca de soluções efetivas para as questões ambientais.

Nessa análise, pode-se incluir como uma das soluções a implementação da IV no Brasil, refletindo a necessidade de se avançar nas questões da infraestrutura ambiental dos grandes organismos urbanos e da gestão do território (Schutzer, 2014).

Em contrapartida, a “Infraestrutura Cinza” (IC), representada por aquela infraestrutura construída pelo homem e que possuem utilidades, como a fiação para a energia elétrica, também abrange as superfícies impermeáveis e estruturas urbanas que mal planejadas, causam impactos negativos na paisagem. Tais impactos são exemplificados pelas ilhas de calor urbanas, enchentes e poluição generalizada, que afetam a saúde e qualidade de vida da população.

O conceito de IV surge como uma forma de criar espaços verdes nas cidades que sejam resilientes à intensa urbanização. Sabe-se que a IV está atrelada aos “sistemas azuis”, exemplificados pelos rios, represas e oceanos que podem compor as paisagens. Assim, a IV compreende uma rede de espaços verdes que intencionalmente ou estrategicamente preservam, aprimoram ou restauram elementos de um sistema natural, como florestas, planícies de inundação, áreas ribeirinhas ou manguezais (Browder et al, 2019).

Segundo Ahern (2007), a IV nas cidades vem sendo estudada, pelos seus diversos benefícios ao meio ambiente e sua integração no planejamento territorial urbano sustentável. Os benefícios estão atrelados aos serviços ecossistêmicos que a vegetação fornece, esta definição está difundida e apresenta constantes atualizações.

Do modo conceitual, a classificação ressalta os serviços ecossistêmico como “provenientes de benefícios aos seres humanos”, sendo caracterizados pelos serviços de: **(i) Regulação** que incluem o clima e a água; **(ii) Suporte** para integração dos outros sistemas, como solo, ciclo de nutrientes e produção primária; **(iii) Provisão** a fim de fornecer bens como alimento, água potável e recursos genéticos e, **(iv) Culturais**, que propiciam benefícios como lazer, educação e pesquisa (Santos, 2004).

O estudo da paisagem tem o desafio de proporcionar novos espaços verdes na cidade, de forma a aproveitar os espaços livres com estratégia de planejamento paisagístico com benefícios e de forma inteligente para resolver a falta de infraestrutura verde (Sanches; Pellegrino, 2016). A análise integrada da paisagem de forma multidisciplinar pode ser estudada com os métodos de geotecnologias para obtenção de mapas para interpretação da paisagem e a análise estatística como complemento para demonstrar a relação do índice de vegetação com o campo térmico e o Geodesign, como resposta ao problema exposto.

O Geodesign melhora o processo de design e planejamento que juntamente com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode contribuir para trabalhos que visam à sustentabilidade da área e atenda o objetivo da população de qualidade ambiental (Dangermond, 2010).

As Soluções baseadas na Natureza (SbN) representam uma contribuição na gestão ambiental, bem como auxiliam com os serviços ecossistêmicos que podem ser implantados no planejamento urbano. O conceito de SbN surgiu a partir dos anos 2000 e vem sendo difundido em grandes organizações, como o *World Bank* e a Organização das Nações Unidas (ONU), tendo este tema também destaque em trabalhos nacionais e internacionais ainda existindo muito para se desenvolver (Rodrigues, 2020).

Com um enfoque multidisciplinar e multiescalar, esta tese integra o trabalho de realizar a análise do mapeamento do uso e ocupação da terra, índice de vegetação e campo térmico, levantamento e ampliação da IV com ênfase na arborização urbana e análise de Geodesign do município de São Paulo – SP. Destaca-se o estudo das Zonas Central (ZC) e Zona Leste (ZL) da capital paulista, que mais carecem de arborização urbana. Esta tese visa verificar as possibilidades de intervenções na paisagem e a buscar por SbN que possam auxiliar na melhoria da qualidade de vida dos habitantes das cidades.

1.1 Justificativa e relevância do estudo proposto

O uso de técnicas de sensoriamento remoto e do SIG auxilia na análise e avaliação do planejamento urbano, com base em geotecnologia e Geodesign.

Nesta pesquisa, serão obtidos dados espaciais com base no mapeamento, para verificar a dinâmica da paisagem no município de São Paulo - SP, em vários escopos, como por exemplo o uso da terra, o campo térmico e o índice de vegetação dos anos de 2020, 2022 e 2023, e com enfoque na ZC e ZL nos anos de 2022 e 2023. Para, assim buscar soluções para ampliação da IV, mostrando possibilidades de mais espaços para o plantio significativo, com ênfase na arborização urbana para melhoria ambiental, e promover qualidade de vida dos habitantes a fim de replanejar a paisagem, na contramão da supressão da vegetação, mostrando soluções para aumentar a cobertura arbórea expressiva que atenda a qualidade ambiental do espaço.

1.2 Hipótese

A presente pesquisa parte da seguinte hipótese: “Com o aumento de 30% de cobertura arbórea, pode ocorrer uma melhoria ambiental da cidade, amenizando a Ilha de Calor Urbana e favorecendo uma qualidade de vida para os habitantes com o uso das Soluções baseadas na Natureza?”

Pois a pesquisa engloba uma análise integrada da paisagem, considerando a malha urbana, para verificar as diferentes tipologias do uso e ocupação da terra na área de estudo e como esta interfere na dinâmica do território, no âmbito do uso e ocupação da terra, índice de vegetação, TST e zonas climáticas locais.

A IV estudada no âmbito da arborização urbana visando a formação da Floresta Urbana (FU), com cobertura arbórea, contribui para o fornecimento dos serviços ecossistêmicos para o município de São Paulo - SP, com enfoque na ZC e ZL. Utilizando-se a

geotecnologia, análise estatística e Geodesign busca-se à SbN e assim proporcionar qualidade de vida para seus habitantes.

Adicionalmente destaca-se que:

- Analisou-se a paisagem, nos meses secos e úmidos, de 2020, 2022 e 2023 do município de São Paulo - SP, em termos de uso e ocupação da terra, índice de vegetação e TST, com base em geotecnologias SIG.

- Foi feita a análise estatística de correlação linear para relacionar a TST com a IV, assim como o boxplot para verificar a amplitude nessas variáveis dos meses seco e úmido de 2020, 2022 e 2023 no município de São Paulo e na ZC e ZL

- Realizou-se a análise da paisagem da ZC e ZL de 2022 e 2023, para verificar a realidade dos seus aspectos ambientais, visto sua carência na arborização viária e assim propor a busca de transformação do território, visando a ampliação de superfícies permeáveis e de Infraestrutura Verde, com ênfase nas árvores do sistema viário.

- Realizou-se a "*Local Climate Zones*" da ZC e ZL, verificando o grau de verticalização, adensamento, material e uso da terra, conhecendo o comportamento climático de cada zona e assim auxiliando o conhecimento da ICU e verificando a relação com as áreas verdes de cada distrito.

- Realizou-se o *workshop* de Geodesign, com o auxílio do SIG, realizando para o município de São Paulo a busca de intervenções neste cenário de modo integrador e colaborativo entre os agentes, no âmbito ambiental, mobilidade e climático, especificando a ZC e ZL que carecem de arborização, como aumentar sua porcentagem de arborização viária, de forma a integrar a paisagem e assim trazer resolução dos conflitos de uso e ocupação da terra de todo município de São Paulo - SP.

- As SbNs trouxeram as respostas a partir do Geodesign, geotecnologia e análise estatística para a dinâmica da paisagem visando a qualidade de vida dos habitantes.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar e buscar formas de intervenção na paisagem com o uso das geotecnologias, análise estatística e Geodesign de forma integrada, destacando o uso e ocupação da terra, o desenho da ICU e o índice de vegetação, abrangendo a estação úmida e seca do ano no município de São Paulo - SP.

Assim, propõe-se soluções para implementar a IV com ênfase na arborização urbana em zonas carentes destas áreas verdes, para formação da FU na área de estudo na busca de SbN.

1.3.2 Objetivos específicos

Foram objetivos específicos deste trabalho:

- Elaborar o mapeamento do uso e ocupação da terra, campo térmico e Índice de Vegetação do município de São Paulo, SP, com o auxílio de geotecnologias nos anos de 2020, 2022 e 2023;
- Analisar a ICU, especialmente da Superfície, com base no mapeamento e estatística;
- Realizar o levantamento da Infraestrutura Verde com ênfase na arborização urbana e de projetos realizados para obter SbN;
- Aplicar o método de Geodesign, de forma colaborativa, no estudo da paisagem, para o replanejamento do território no município de São Paulo - SP, visando o aumento da arborização urbana para fomentar as SbN;
- Descrever as “Zonas Climáticas Locais” da área de estudo e relacionar com a volumetria dos prédios das ZC e ZL com a ocorrência da ICU;
- Verificar a dinâmica da paisagem com SIG das ZC e ZL no ano de 2022 e 2023, sendo essas zonas que carecem de arborização;
- Subsidiar as políticas públicas urbanas locais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Paisagem urbana

No âmbito urbano, desde o século XIX, cresce o tema do planejamento da paisagem atrelado às questões ambientais, de forma a pensar a natureza e cultura de forma integrada. Tudo isso com a finalidade de buscar soluções para planejar e intervir na cidade com base na natureza, tendo a paisagem como base (Sant'anna, 2020).

Assim, surge uma paisagem modificada pelo homem que modela e altera as condições do equilíbrio dinâmico ambiental. Isso ocorre devido a urbanização intensa, onde o desenvolvimento humano não prioriza a qualidade natural dos habitats, mas apenas o bem-estar pessoal, não exercendo uma contribuição positiva à manutenção dos sistemas naturais. Essas transformações antrópicas favoreceram a poluição, impulsionam as mudanças climáticas, entre outros impactos que resultam no comportamento oposto a tolerância suportada pela dinâmica ambiental (Minaki; Amorin, 2007).

A paisagem configura o sistema geográfico que constitui os processos naturais e das atividades antrópicas, abrangendo a percepção humana (Berté, 2013). A cidade se encontra como uma forma contínua de transformação, sendo que seu impacto altera a morfologia do terreno, que alteram as condições climáticas e ambientais. Destaca-se que a infraestrutura cinza das cidades, como asfalto, edifícios e rodoviária, por exemplo, alteram o equilíbrio da radiação entre a superfície da terra e o ar, de forma a reduzir a evaporação, aumentar o escoamento superficial e reduzindo a velocidade do vento conjuntamente ao aumento da turbulência. Todo este impacto causa poluição atmosférica e alteração no clima urbano, gerando o aumento das temperaturas em relação às áreas suburbanas (García; Martilli, 2012).

A paisagem deve ser estudada e tratada como infraestrutura no contexto urbano, verificando-se sua confecção estrutural, fisiologia e seus processos naturais recorrentes na morfologia urbana. Assim, essa forma de valorizar as infraestruturas existentes, ressalta as funções ecológicas do meio ambiente e o ecossistema da bacia urbanizada, prioriza o manejo sustentável da água pluvial e colabora para o planejamento ambiental sustentável (Bonzi, 2015).

Segundo Herzog e Rosa (2010), a infraestrutura cinza em que a urbanização tradicional é baseada prioriza o automóvel onde as ruas tem a função da passagem de veículos, sem pensar em pedestres e arborização viária, o sistema de esgoto e drenagem escoo rapidamente a água e o esgoto, sem pensar em uso de superfícies permeáveis e os telhados só protegem as edificações, sem pensar na sua cobertura ideal para o conforto térmico e o aumento de estacionamentos asfaltados são destinados a parar carros, cujo número vêm crescendo cada vez mais.

É destacado no Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) (PBMC, 2018) que os aumentos significativos da urbanização mal planejada aumentam os impactos ambientais e conseqüentemente, o impacto o clima urbano, como o aumento da temperatura, modificação no período de estiagem e precipitação. Além de poder causar danos e perdas irreversíveis sobre a biodiversidade e para o bem-estar humano, principalmente para as populações mais pobres (PBMC, 2018).

No estudo da paisagem há múltiplas questões e dessa forma saberes multidisciplinares, onde predomina um cenário multifacetado, com larga abrangências de definições e especialidades de quem utiliza, podem buscar soluções para seu equilíbrio. Além de possuir um conceito polissêmico que vem sendo cada vez mais utilizada no cotidiano em diferentes situações e em uma ampla gama de disciplinas (política, sociologia, geografia, arquitetura, urbanismo, pintura, ecologia e outras) (Matos, 2010).

A paisagem nesta pesquisa atinge o conceito do vernacular, com a vista de cima, tendo um panorama da realidade e utilizando-

se os mapas com base em geotecnologias. A partir deste panorama, busca soluções para o bem comum. Pois nesta visão da paisagem, têm-se trocas entre o estabelecimento humano e o meio natural (Besse et al., 2014).

Porém, as paisagens urbanas além de serem apreciadas pela visão, também são sentidas por aquilo que identifica o ser, ou seja, espaços que nos fazem ter sensação, estes incluem as edificações, praças, vegetações, luz, som e ar, o que aguça nossos cinco sentidos, obtendo uma expressão dos lugares (Bonametti, 2020). Os bens comuns devem estar atrelados no conceito da paisagem, pois os recursos comuns presentes nesta devem atender as necessidades humanas, em termos sociais e psicológicos (Besse, 2018).

Assim, os diferentes nomes de paisagens que se completam entre si, habitada, vivida ou vernacular, atentam para que o ser humano se sinta não apenas habitante do mundo, mas pertencente à natureza que o compõe, traduzindo o fato de que pertencemos e habitamos o mundo (Jackson, 2003).

Verifica-se a importância desse “olhar aéreo”, que pode ser traduzido como “a visão do sensoriamento remoto aplicada em determinada área e depois sua manipulação com as geotecnologias, que Besse (2014) propõe como atributo da paisagem vernacular.

Assim, o olhar aéreo não é apenas aquele do filósofo, do poeta ou do geógrafo, que buscam ler as linhas do mundo e daí tirar lições: é, além disso, portador de uma racionalidade própria, sinóptica e sintética, que leva, insensível ou conscientemente, à intervenção, à transformação (Besse, 2014).

Destaca-se que o estudo e aplicação da IV contempla o desafio das cidades contemporâneas, como forma de planejar e projetar a paisagem em suas diversas dimensões complexas (Sant’anna, 2020). Assim, com a urbanização acelerada nas paisagens urbanas, as interações ecológicas dos espaços verdes existentes passam por desafios nas questões ambientais, sendo vulneráveis aos distúrbios, ou seja, tendo uma baixa capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos e com um declínio na biodiversidade. Essa problemática afeta a resiliência dos espaços verdes, impedindo que

a ecologia urbana atue no máximo do seu potencial e dessa forma reduza sua capacidade de sequestrar carbono, o que vem sendo essencial nas cidades, áreas verdes resilientes que atuem como sumidouro de carbono (Wan et al., 2024).

Pensa-se como um desafio superar os métodos da engenharia civil que discute a paisagem de forma centralizada, monofuncional e não resiliente nas cidades. Assim, a intensa atividade antrópica, que impacta o meio natural, sem respeito e limites para o desenvolvimento urbano, colaboram para o aumento de riscos de desastres socioambientais (Siebert, 2012).

Dessa forma, busca-se ao se estudar a paisagem urbana entendendo-a pelas infraestruturas ecológicas, de modo a defender a ideia de pensar-se na paisagem como Infraestrutura na busca de soluções naturais para estratégica do urbanismo (Bélanger, 2013). De forma a executar o planejamento urbano e paisagístico que visa a sustentabilidade não de forma estática, mas sim fluída e dinâmica como se relaciona o meio natural nas cidades, visando um “crescimento urbano inteligente” (Ahern, 2011).

2.2 Espaços livres urbanos

No final da década de 1970, surgiu o tema “espaço livres de edificação” sendo compreendido como todo o espaço urbano e seu entorno que não está edificado, abrangendo todo solo e água que não está coberta por edifícios, sendo importante que os habitantes criem um vínculo com o espaço livre, de forma que ocupem, circulem e permaneçam. Mostrando que o espaço livre se faz necessário quando estão aliadas às atividades e necessidades do homem urbano (Magnoli, 2006).

Também pode-se dizer que espaços abertos (*open spaces*), representados por espaços públicos ou privados, como ruas e calçadas, parques e praças, quintais residenciais, áreas livres de lazer em condomínios, recuos de construções, pátios internos, estacionamentos descobertos, terrenos baldios, rios, áreas verdes e

etc., possuem diversas funções. Estas funções englobam a melhoria do ambiente impactado pela urbanização das cidades, entre elas funções ecológicas, estéticas e sociais (Hannes, 2016).

Os elementos presentes nestes espaços abertos, contribuem para a definição do microclima e podem proporcionar conforto ou desconforto térmico para a população. Assim, os pavimentos e edifícios presentes nos espaços urbanos têm essa representação de memória coletiva e vida social de forma dinâmica, devendo satisfazer além da locomoção do usuário, adicionalmente que este perceba o espaço e se inclua nele (Dessi, 2011).

Os espaços abertos devem atender toda a comunidade, como fornecer a vegetação, com gramados, arbustos e árvores com copa. As políticas ambientais, como exemplo da Austrália demonstram que as árvores e todos os tipos de vegetação promovem diversos benefícios como vista mais agradável para os residentes das casas, sequestro do dióxido de carbono, modificação do microclima propiciando seu resfriamento, redução do escoamento da água pluviais e auxílio na gestão ambiental, auxilia no ciclo da água, criação de habitat para espécies nativas da flora. Assim como, favorecem à redução do impacto visual das grandes concentrações urbanas, harmonizando a paisagem (*New South Wales Department of Planning and Environment*, 2015).

Destaca-se que nos espaços abertos não há controle total das trocas de massas de ar, assim como as variáveis de temperatura e umidade do ar. Apenas há controle restrito às variáveis velocidade do ar e radiação térmica, quando desejado (Monteiro, 2018).

Segundo Sarti e Lombardo (2010), há uma necessidade nos espaços livres de ampliar e fornecer espaços verdes, sendo ou por implantação de novos ou renovação de reutilização dos espaços urbanos degradados por atividades da cidade industrial, ou pela ampliação de novas tecnologias de implantação de áreas verdes que não eram pensadas.

Faz-se pensar que nem todo espaço livre constitua uma área verde, porém, toda área verde é um espaço livre, mesmo que seu

encargo seja restrito. Como exemplo, as praças na cidade proporcionam meio salutar nas cidades a fim de garantir qualidade de vida aos seus habitantes (Ferreira; Paula, 2014).

Os espaços livres presentes em um determinado recorte urbano representam um sistema aberto, que está em constante processo de adequação e transformação as demandas cotidianas da sociedade, que vão disponibilizar de recursos, padrões culturais existentes e das decisões políticas públicas que vão interferir na qualificação ou desqualificação desses espaços (Queiroga, 2011). Faz-se a errônea referência dos espaços livres, como sistemas separados do entorno edificado, sendo refúgios para a degradação urbana, ou ainda, como território perigoso e hostil de formação indesejáveis de sociabilidade segundo as regras de civilidades socialmente estabelecidas (Leite, 2011).

Assim, nos grandes centros urbanos pode-se ver uma oportunidade nos espaços livres que podem ser preenchidos com áreas verdes, além de proporcionar lazer e consequentemente qualidade de vida para a população dos grandes centros urbanos, como adicionais da conservação e preservação desses espaços (Dos Santos Toledo; Dos Santos, 2008). De modo que o sistema do espaço livre urbano tem a relação com outros sistemas, como de drenagem, transporte, atividades de lazer que estão associadas ao convívio social públicos. Sendo estes espaços constituídos de ruas, praças, parques, quintais, pátios, estacionamentos descobertos, lotes vagos, glebas, rios e represas, áreas cultivadas ou remanescentes da cobertura vegetal original ou implantada nas diversas escalas da área urbana que podem estar no meio público ou privado, devendo assim os espaços livres ser conectados a vida pública contemporânea a de como a complementar e enriquecer a sociabilidade que vem sendo muito enfocada no consumo (Leite, 2011).

2.3 Direito e gestão ambiental e suas reflexões

O poder público é o encarregado de gerar e desenvolver ações para assegurar um meio ambiente equilibrado para todos, como a regulação e implementação de áreas verdes. Assim, como rege o art. 225 da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), é um direito de todos um meio ambiente equilibrado, com qualidade de vida e uso comum e essencial.

No âmbito do estudo do meio ambiente e sua relação com o homem está o direito ambiental, que visa a proteção dos bens naturais para a melhoria da qualidade de vida da presente e futura geração (Sirvinskas, 2000).

Há muitos anos é discutido o ambientalismo como fenômeno complexo, e que segundo Fuks (1998), esta reflexão é manifestada em teoria social e formulações jurídicas relativas à questão ambiental. Assim, a singularidade ambiental é relacionada a base social virtual, de forma ampla como a humanidade, de forma que a luta pela defesa do meio ambiente não estaria necessariamente vinculada às classes sociais e tampouco a vínculos de identidades amplos, como etnia ou gênero.

Vale ressaltar que no Brasil ocorre uma grande defasagem entre a ação e o discurso das políticas públicas. Sobretudo, em relação à integração que seja capaz de alcançar o que a organização social ambientalista e a produção científica buscam colaborar, em comum. Sendo assim, deve-se entender o que a abordagem socioambiental defende na busca da construção de soluções sólidas para os problemas ambientais no Brasil, não confundindo com a trajetória política e social da questão ambiental, mas sim de forma a pensar na dinâmica ambiental como um todo e como as políticas públicas podem agir em favor da mesma e de forma igualitária (Alonso; Costa, 2002).

Nesse sentido, tem crescido o número de estudos que colocam em pauta as opções de vertentes jurídicas, visando uma reforma urbana

que engloba a inclusão social e de sustentabilidade ambiental como processo de redemocratização do país (Fernandes, 2012).

Atualmente, vem se discutindo a aproximação das questões ambiental e urbana. Indagações e pensamentos que vão na direção oposta entre a separação do ambiental e do social, unindo assim a política na busca de espaços urbanos cada vez mais socioambientais, que em propostas de políticas públicas aliada as práticas urbanas, se tornam sustentabilidade urbana, ocupando melhor o uso da terra em termos sociais, bióticos, abióticos e de espaço urbano (De Moura Costa; Braga, 2002).

No município de São Paulo, por exemplo, vem havendo de cunho recente, documentos de políticas para implementação da arborização urbana, como o Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo (PDE), Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 (Prefeitura de São Paulo, 2014), visando o uso racional dos recursos ambientais, participação social no planejamento da cidade e a melhoria da qualidade de vida. Adicionalmente, o Manual Técnico de Arborização Urbana (MAR), (Santos et al., 2015), realizado pela Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente também realizou o Plano Municipal de Arborização Urbana (PMAU) de 2019 a 2020.

Os dois documentos apresentam a importância de arborizar as cidades e como seria o planejamento ideal no sistema viário. O MAR exemplifica como pode ser implementada a arborização viária em harmonia com sua Infraestrutura Cinza, propõe algumas espécies de acordo com a estatura e como podem ser aplicadas no meio urbano. No caso do PMAU, verifica-se um plano bem estruturado e complexo visando a transparência de como serão os plantios, com o embasamento legal, objetivando a educação ambiental, o envolvimento dos órgãos públicos e o direcionamento sobre o plantio e manejo.

Dessa forma, ressalta-se que a execução do PMAU deve ser baseada nas diretrizes físicas, ambientais, sociais, econômicas e políticas, sendo importante investigar as discussões das legislações

municipais com compromisso governamental da sua execução sobre arborização urbana (Aranda; Da Silva Filho; De Camargo Neto, 2022).

Assim como, a implementação da Secretaria Executiva de Mudanças Climáticas do município de São Paulo – SP (SECLIMA), na qual há projetos de governança ESG e que visa estabelecer diretrizes no que tange ao vetor climático para a cidade. Neste contexto, este documento traz fundamentos e práticas no âmbito climático para a administração pública visando a sustentabilidade ambiental (SECLIMA, 2022).

A iniciativa da SECLIMA (2022), visa a promoção do serviço público integrado e a agenda de sustentabilidade ambiental, social e de governança (ESG). Onde a agenda ESG deve atender três pilares que atendam uma cidade sustentável: (i) o impacto ambiental considerado como qualquer alteração do homem no meio ambiente, podendo estes serem positivos ou negativos; (ii) impacto positivo considerando que a ação do homem no meio ambiente traz benefícios à população e à sobrevivência ecossistêmica, como a implantação de áreas verdes e; (iii) o impacto negativo, quando a ação do homem no meio ambiente traz malefícios ao meio ambiente e compromete a vida humana, de animais e plantas, ao clima e também como o aumento de áreas impermeáveis na cidade, acarretando maiores chances de inundações e aumento da ICU.

Dentro das iniciativas do SECLIMA, também há o Plano de Ação Climática do município de São Paulo (PLANCLIMASP), realizado objetivando a neutralização das emissões de gases do efeito estufa na cidade de São Paulo até 2050. A maior cidade da América Latina com inúmeros embates climáticos foi uma das fundadoras do C40 em 2005 com 59 cidades e visa a redução do transporte individual, aumento da mobilidade ativa e zero emissões, aumentar a adoção de fontes energéticas renováveis, melhorar a eficiência energética de edificações e equipamentos, reduzir a geração e melhorar o tratamento de resíduos (PLANCLIMA SP, 2021).

Dessa forma, foi realizado o documento: “Construindo Cidades Sustentáveis. Síntese do C40 São Paulo *Climate Summit* 2011”, com

parceria com a rede C40 (Massambani, 2012). Houve um conjunto de propostas de ações onde foram feitas sínteses compiladas neste documento e que se mostra uma visão sistêmica do conhecimento produzido, e que difundiu o acesso para melhores práticas em diversos âmbitos do planejamento urbano, podendo ser atuante para os gestores de políticas públicas, desenvolvimento urbano e os pesquisadores de diversas áreas do saber, além do público em geral.

Iniciativas como a iniciativa de Caiche (2020), organizada por pesquisadores e suas teses junto ao grupo de trabalho da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), propuseram criar um Projeto de Lei Federal nº 4309/2021 sobre a Política Nacional de Arborização Urbana (PNAU), que está atualmente em tramitação na Câmara dos Deputados. Este Projeto de Lei (PL) 4309/2021, com diretrizes e instrumentos de nova política tem o objetivo de reconhecer as árvores urbanas como elementos de infraestrutura essencial para auxiliar os municípios brasileiros no planejamento da arborização e atenuar os efeitos da urbanização acelerada (Agência Câmara de Notícias, 2022).

Em 2023, no âmbito municipal houve a implementação do Plano Diretor Estratégico (PDE) da cidade São Paulo, (Lei 17.975, de 08 de julho de 2023), (Prefeitura de São Paulo, 2023), que planeja maior verticalização da cidade e ampliação dos eixos de transformação da estrutura urbana, no entorno de metrô e corredores de ônibus, onde será possível construir 700 metros em relação às estações de metrô e até 400 metros em relação aos corredores de ônibus. Isso alerta para uma diminuição significativa dos espaços abertos da cidade de São Paulo e, conseqüentemente redução da arborização urbana. Há uma mudança estrutural, com o aumento da densidade construtiva (Santoro et al. 2023).

Assim, este novo PDE agrava a crise ambiental, a desigualdade e a segregação racial da cidade, devido à alta verticalização, com aumento da rentabilidade para os empreendedores, a favor da expansão imobiliária e o alto custo torna a aquisição inacessível para negros, pobres e periféricos, além de conturbar a paisagem com

prédios mais altos de bairros que eram tranquilos. Com aumento das áreas de alta renda como Higienópolis, Perdizes e Jardim Paulista, onde a população branca ultrapassa 95% do total de habitantes, assim essa política se torna altamente exclusiva de toda a população (Brito; Rezende; Nascimento, 2023).

Reforça-se que o histórico de grande parte das cidades brasileiras, não levam em consideração a arborização urbana no planejamento e planos diretores das cidades, pensando apenas na estética e não nos serviços ecossistêmicos que nos beneficia. De forma que o poder público tem sido cobrado pelas organizações civis e deve reconsiderar a importância das árvores no sistema viário e assim esclarecer que o capital natural bem gerenciado, fornece retornos econômicos para toda sociedade, contrastando com a ideia da maioria das prefeituras que a manutenção da IV apenas gera despesa e que não se relaciona com a saúde humana, segurança e bem-estar uma vez que sua relação é direta (Brun et al., 2008).

A administração pública, de acordo com Hildebrand, Graça e Hoeflich (2002), deve implementar e se atentar para a qualidade ambiental nas cidades e sua influência na qualidade de vida das populações de toda sua área. Assim, as cidades devem cada vez mais promover a IV e sua integração nos planos políticos de gestão para proporcionar seus benefícios que tangem a sustentabilidade e resiliência (Hoover et al. 2023).

2.4 Ilha de calor urbana

A intensa urbanização e a ausência quase total da vegetação contribuem para o fenômeno da ICU. A ICU, é um fenômeno que surge devido a intensa urbanização, sendo resultante da diferença das temperaturas elevadas das áreas urbanas em comparação das áreas rurais circunvizinhas (Amani - Beni et al., 2019).

Em sua tese de doutorado, Lombardo (1985) demonstrou que a alta impermeabilização, intenso uso da terra, e alteração na temperatura contribuíram para o surgimento da ilha de calor,

havendo a relação positiva entre as formas de uso e ocupação da terra das áreas urbanas com a variação da temperatura do ar, ou seja, em áreas com mais espaços abertos, vegetação e proximidade com corpos d'água, as temperaturas decaem.

A concentração do calor durante o dia colabora para formação da ICU, onde há o aumento das temperaturas nas cidades cada vez mais urbanizadas, devido a concentração de área construída, aumento de superfícies pavimentadas e impermeáveis, como asfalto e diminuição de áreas verdes. Ressalta-se que esse fenômeno atua de forma maléfica na vida urbana causando desconforto térmico em especial durante os meses quentes de verão, aumentando o consumo de energia para arrefecimento, o que intensifica o uso de ar condicionado e gera emissões de gases com efeito estufa (Visvanathan et al., 2024).

Como ressalta Yang et al. (2023), a ICU é um fenômeno onde há o aquecimento das áreas urbanas com as atividades humanas, onde é exacerbado pela expansão da superfície pavimentada em detrimento das áreas verdes. Por isso, é necessário repensar o planejamento urbano tendo adaptação de ruas para implementar maior arborização viária e outras formas de área verde na busca do conforto térmico para a população (Karakounos; Dimoudi; Zoras 2018).

Segundo Schoetter et al. (2020), dentro da climatologia urbana o efeito da ICU é o fenômeno mais amplamente descrito, onde a temperatura do ar é mais elevada nas zonas urbanas em comparação com as zonas rurais. O balanço energético é alterado pelos materiais de construção e os ventos locais são interferidos pela morfologia dos espaços urbanos, que com o efeito da urbanização estão associados a redução da fração do céu visível (Oke, 1987).

A ICU surge da modificação antropogênica na paisagem natural e também devido a consequência desta alteração na atmosfera e termofísica da camada urbana, com aumento da absorção da radiação solar associada com materiais de construções que armazenam o calor (Oke, 1987). Outros fatores como densidade populacional, habitação e retirada da vegetação contribuem

diretamente ou indiretamente para a formação da ICU. Dessa forma, o clima urbano vem sendo estudado com diferentes escalas espaciais (micro, local e regional) para verificar a influência da superfície na contribuição desse aquecimento (Arnfield, 2003), podendo se dizer Ilha de Calor Urbana de Superfície (ICUS).

A ICUS se baseia em estudos diurnos com base na tecnologia em imagens da TST, onde se observa a diferença aparente entre as grandes áreas construídas e seu entorno, com base na classificação do uso e ocupação da terra. E, assim para se aprofundar no estudo vem sendo aplicado a *Local Climate Zones* (LCZ) as configurações da paisagem a serem estudadas (Stewart et. al, 2021).

Nos últimos 5 anos, constatou-se que mais de 300 artigos foram publicados sobre ICUS, representando 60% de seus estudos. A crescente procura pelo termo e sua compreensão pode ser dada pelas pesquisas constantes de cobertura e uso da terra, e características do espaço urbano atrelado ao estudo de LCZ (Zhou et al., 2018).

Assim, o adensamento dos espaços construídos atrelados a verticalização, dificultam a dispersão de partículas no ar, colaborando para a diminuição do arejamento das cidades (Alcoforado et al., 2005). Faz-se necessário aumentar os espaços livres nas cidades, sendo que a circulação do ar é essencial para amenizar a concentração de calor, resfriando a atmosfera e dificultando a formação da ICU (Oke, 1995; Lopes, 2003). Além da circulação do ar atuar na dispersão de poluentes melhorando a qualidade do ar (Oke, 1988), representa também como resultado conforto térmico e mecânico (Lopes et al., 2011).

Também, verifica-se que o albedo dos materiais de construções altera a ICU, e uma forma de mitigação é a utilização de cores claras para superfícies de habitações e seus telhados, especialmente aplicando telhados verdes e investindo na IV bem planejada a fim de reduzir a temperatura da superfície e do ar (Ali-Toudert; Mayer, 2007).

Sendo assim, os materiais de construções como asfalto e concreto absorvem maior radiação solar do que a vegetação,

contribuindo para a ICU, onde mais calor é liberado por esses materiais no ar tornando as temperaturas ambientais mais altas. De acordo com Imhof (2010), em algumas cidades esse efeito pode fazer com que as temperaturas sejam de 10 graus, mas é sabido atualmente que se pode chegar até 12 graus mais quentes que as do campo ao redor.

O fenômeno da ICU demonstra o quanto o planejamento urbano interfere no conforto térmico, e ocorre quando há o aumento da temperatura nos centros das cidades, com maior área construída, provocando o surgimento de circulação de ar centrípeta das periferias urbanas em direção as áreas centrais (Lombardo; Fruehauf; Pellegrino, 2022).

As áreas urbanas tendem a ter menos vegetação, formando menos evapotranspiração durante o dia comparado com as áreas rurais. Além de que os materiais de construção armazenam calor, levando a uma maior amplitude térmica diária. O avanço da urbanização, com construções tridimensionais provoca o sombreamento de radiação solar e armadilhas de radiação infravermelha, somadas às atividades humanas que também liberam calor e umidade (Sailor, 2011).

Devido a essa intensa urbanização verificam-se diversos impactos ambientais nessa região, que acarretam malefícios para o meio ambiente como a ocorrência da ICU, o aumento da poluição atmosférica e os problemas de saúde para a população em decorrência dessas problemáticas. Faz-se necessário a busca por soluções para a mitigação das ICU (Maruyama; Fruehauf; Lombardo, 2022). Assim, há uma necessidade alarmante do replanejamento do uso e ocupação da terra, diminuição de áreas impermeáveis e aumento de áreas permeáveis, mais espaços livres e a implementação de IV nas manchas urbanas de São Paulo, principalmente das árvores que contribuem para amenização da temperatura.

Pode-se dizer que o fenômeno da ICU, é um “oásis inverso”, onde o ar e as temperaturas da superfície nas áreas urbanas são mais

quentes do que nas áreas rurais circundantes. Esses fenômenos vêm sendo observados em cidades de todo o mundo (Gartland, 2010).

Destaca-se que as transformações do uso do solo propiciaram o surgimento das ICU, levando além do aumento na temperatura, o aumento dos eventos extremos de precipitação com valores superiores a 30mm, proporcionando um maior número de alagamentos (Nobre et. al., 2011).

No município de São Paulo, verifica-se que, como Lombardo (1988) enfatizou, a ICU segue o a forma de doma, ou seja, o maior gradiente horizontal de temperatura ocorre no centro da cidade, no caso na Subprefeitura da Sé, marco central da cidade. A topografia colabora para esta configuração do sítio urbano, pela bacia sedimentar de São Paulo e a disposição da mancha urbana que acompanha o seu relevo, com indícios atuais que a ICU se estende para ZL.

Também se destaca a Zona centro-leste como alta ICU, caracterizada com alta impermeabilidade e onde se encontra a maior parte da população de São Paulo (Siqueira-Gay; Dibo; Giannotti, 2017).

Como a ICU está diretamente ligada à poluição do ar e a complicações de saúde relacionadas ao calor, verifica-se sinais de exaustão, câibras de calor, erupções cutâneas e insolação, que podem agravar a mortalidade associada ao calor (Brauer; Hystad, 2014). Assim, a ICU influencia na qualidade de vida da população, altera o conforto e saúde dos indivíduos, podendo gerar o estresse térmico, desconforto pelo calor e doenças relacionadas a qualidade do ar, relevando a importância do estudo do clima urbano que se relaciona com a saúde da população (Amorim, 2010).

2.5 Infraestrutura verde

A IV surgiu em 1994, no âmbito de fornecer e agregar uma paisagem funcional que atenda a necessidade de oferecer lugares de habitação, trabalho, serviços essenciais e desfrutar da natureza. A IV alerta para conservar e planejar o desenvolvimento, de forma a se

pensar o uso e ocupação da terra para atender as demandas das pessoas aliadas com a natureza (Benedict; McMahon, 2006).

Segundo Cormier, Pellegrino (2008), a IV apresenta alto desempenho da tecnologia que promove uma série de serviços para o bom funcionamento da cidade, como drenagem, acesso, mobilidade, limpeza da água e do ar, conforto ambiental, aumento da biodiversidade e lazer. Dessa forma a IV surge como uma solução para o uso e ocupação da terra que são altamente alterados com a urbanização progressiva, assim como a expansão de superfícies impermeáveis, comprometendo a biodiversidade local, prejudicando o meio ambiente, incluindo quebra e desarmonia dos ciclos biogeoquímicos, como da água e do nitrogênio. Por isso, deve-se pensar em métodos de intervenção para a sustentabilidade a fim de remediar esses impactos negativos (Addas, 2024).

Destaca-se que a IV contempladora dos sistemas verdes e azuis, promove os processos naturais compartilhando às infraestruturas construídas, ou seja, compartilha as ICs, a fim de garantir o direito à paisagem para todos (Sant'anna, 2020). Dessa forma a IV abrange uma rede planejada de áreas verdes, sejam naturais ou cultivadas, que são projetadas e planejadas para fornecer ampla opção de serviços ecossistêmicos e proteger a biodiversidade da cidade (Silva et al., 2022).

Dentro dos projetos paisagísticos, é ideal alterar os elementos da infraestrutura convencional cinza para desenvolver a IV, descentralizada e flexível, com tecnologia que propicia os conceitos ecológicos e sociais para uma paisagem multifuncional (Pellegrino, 2017).

Com a ampliação das áreas verdes, além de colaborar com a estética e paisagem da cidade, auxilia para o combate da ICU, poluição do ar e sequestra o carbono da atmosfera, colaborando para amenização do clima urbano, proteção do solo, segurança hídrica, prevenção de enchentes, proteção da fauna e colabora de forma positiva para saúde humana (Pradella; Silva; Nisi, 2015). No projeto da IV pode se lidar com diversas escalas, desde pequenas, como um jardim de chuva que visa infiltrar a água no solo, até o planejamento

de corredores ecológicos que conectam parques a reservas florestais e também a arborização urbana e florestas urbanas. É um projeto multiescalar e interescalar, pelo fato de geralmente exigir a articulação entre escalas (Bonzi, 2017).

Inclui-se na aplicação da IV a FU, um importante sistema para as políticas públicas a fim de aumentar a resiliência na cidade, reduzir os impactos e a desigualdade social nas áreas metropolitanas. Assim, é preciso mudar a resiliência dos impactos sujeitos na cidade, como riscos de desastres vindo das mudanças climáticas e exposição a vulnerabilidade, que são características dinâmicas com variação temporal e espacial (Teruya, 2023).

Neste trabalho, a análise e aplicação da IV teve o enfoque da arborização viária no médio e grande porte, e como esta deve apresentar harmonia com toda a infraestrutura da cidade, colaborando para os sistemas ambientais.

Ao investir em IV nas cidades, colabora-se com planos estratégicos de adaptação do sistema de drenagem convencional para o aumento da resiliência dos sistemas de drenagem urbana (Almaaitah et al. 2021). Sendo assim a IV além de contribuir para reduzir o volume de escoamento urbano e evitar vazões extremas que podem resultar em inundação, também fornece suprimento alternativo da água, verde urbano e mitigação de ICU, recreação, colabora com a agricultura urbana e a melhoria das residências nas cidades (Sörensen; Emilsson, 2019).

A IV com destaque na arborização urbana, colabora para a qualidade de vida dos habitantes. A sua difusão contribui para inúmeras melhorias na sociedade. Sabe-se que na última década os profissionais da saúde sobretudo do planejamento urbano buscam e devem ainda mais se empenhar com os benefícios da “ecologização” do ambiente construído, colaborando para espaços de atividade física, melhoria do ar, decréscimo da ICU (Hansen; Pauleit, 2014). Estudos epidemiológicos observaram que pessoas que vivem perto de espaços verdes ou rodeadas de grande vegetação têm hábitos

mais saudáveis do que as que vivem longe deles (Saulle; La Torre, 2012).

A multifuncionalidade fornecida pela IV é diversa, sendo integrada por conforto térmico, bem-estar físico e psíquico, drenagem, lazer, purificação atmosférica e regulação climática (Madureira, 2012). A IV, que pode ser abrigada em praças e parques, com enfoque na arborização de médio a grande porte, pode ser utilizada pela população urbana unindo os habitantes de um local sem julgar a diferencia econômica, social, cultural ou étnica, além de fornecer sombra, abrigo e alimento para a fauna e beleza para as áreas urbanas, incluindo o equilíbrio estético entre a escala humana e construção arquitetônica (Silva Filho; Tosetti, 2010).

Nos espaços urbanos, a IV que é atrelada ao conceito de águas pluviais também não deve ser esquecida da conectividade da paisagem. A IV varia muito em significado e geralmente é excluída dos parques e espaços verdes urbanos de maior dimensão, destacando apenas pequenas instalações de engenharia. Dessa forma, é preciso ampliar a definição de IV para que se alie os sistemas desta estrutura ecológica com a estrutura construída, ressalte seu amplo serviço ecossistêmico e assim colabore ativamente para a produção de benefícios sociais (Grabowski et al. 2022).

Dessa forma faz-se necessário ampliar a IV de forma a criar novos significados para a vegetação no imaginário do coletivo do cidadão, assim as relações devem ser mais culturais e menos utilitaristas. Ao falar em utilitarista, apenas se baseiam nos benefícios materiais, ou seja, na serventia das árvores e é preciso ir além e pensar no ambiental, ter a percepção dos benefícios ambientais passa a ser mais evidente quando considera os fatores biológicos e a isso agrega o lado culturalista que vem da sustentabilidade (Sarti, Lombardo, 2010).

Assim, é importante repensar na paisagem a utilização de IV para manutenção e restauração do meio urbano, devido a sua análise custo-benefício, do que a infraestrutura cinza, considerando todos os benefícios fornecidos pelos ecossistemas (Nellemann;

Corcoran, 2010). Sendo que a IV em suas diversas formas, principalmente na configuração de dossel arbóreo, contribui para amenização das temperaturas urbanas e conseqüentemente melhoram essas condições climáticas (Maruyama, 2020).

Segundo Ahern (2007), as aplicações da natureza na paisagem, assim como a Infraestrutura Verde, desempenham diversas funções ecológicas benéficas que envolvem os serviços ecossistêmicos. Os serviços ecossistêmicos são essenciais para a sobrevivência humana e este modo, com a urbanização intensiva, surge um debate sobre os serviços ecossistêmicos desde as terras agrícolas e ecossistemas até as áreas urbanas, onde a procura de áreas verdes que proporcionam estes serviços é ainda maior, ainda que a oferta tenda a ser reduzida (Rosenzweig et. al., 2010).

Entre os importantes serviços ecossistêmicos fornecidos pela vegetação está a regulação do clima urbano, pois auxilia para bloquear a quantidade de radiação que iria atingir diretamente a superfície do solo, e ainda a fotossíntese produzida pela vegetação nas ruas, praças ou parques que reduz o aquecimento da superfície e conseqüentemente do aquecimento do ar. Sendo assim, o clima urbano é alterado pela vegetação, que altera a radiação solar, temperatura, umidade do ar e ação dos ventos e da chuva, os seus benefícios consistem em espaços verdes que se encontram no local, o tamanho, idade do dossel arbóreo e a época do ano (Feitosa, 2010).

Englobando os benefícios sociais, ambientais e estéticos, os serviços ecossistêmicos promovidos pelas áreas verdes urbanas também incluem absorção de ruído, atenuação da temperatura, conservação do solo, regulação do ciclo hidrológico, sequestro de carbono, filtro da poluição e manutenção da biodiversidade, além de proporcionar melhor qualidade de vida para os habitantes (Almeida, 2012; Buckeridge, 2015).

Assim, pode-se dizer que a IV colabora além da qualidade de vida dos habitantes, também para a sua saúde. A Organização Mundial da Saúde (OMS) descreve que o ideal de áreas verdes por habitantes seria de ao menos 10 metros quadrados e as cidades

brasileiras apresentam o índice menor do que o recomendado, no oposto estão os países Argentina e Chile da América Latina onde quantidade de áreas verdes urbanas por habitantes é pelo menos cinco vezes maior que a realidade brasileira (Raimundo; Sarti, 2016).

No âmbito da saúde, Donovan et. al (2022) demonstra que cada árvore plantada em uma região contribui para a redução na mortalidade não acidental, cardiovascular e respiratória dos habitantes, relacionando a exposição à natureza como promoção de benefícios para saúde humana em termos físico e mental. Assim, cidades que provêm de vegetação demonstram que uma IV representada por florestas urbanas oferecem inúmeros benefícios. Este estudo, demonstrou que nos em Portland, no estado de Oregon, nos Estados Unidos através da iniciativa “Amigos das Árvores” foram plantadas 49.246 árvores de rua no período de 1990 a 2019 (árvores de rua foram plantadas na faixa verde entre o calçadão e a estrada), resultando na diminuição na mortalidade cardiovascular e não acidenta, fazendo com que este benefício aumentasse na medida que as árvores foram crescendo.

Segundo Marques (2017), a IV vem ganhando força entre arquitetos, paisagistas e planejadores de diversas disciplinas correlacionadas, oferece serviços ecossistêmicos como beneficiar o ciclo da água urbana, melhorar o microclima e o metabolismo das cidades, favorecendo qualidade de vida para os habitantes, reconectando os ecossistemas e implementando a fauna e flora.

Adicionalmente aos serviços ecossistêmicos fornecidos pelas áreas verdes, ressalta-se a relevância da árvore no meio ambiente e a sua contribuição para a sustentabilidade, pois são alcançados benefícios sociais, ambientais e econômicos.

Entre os benefícios da arborização viária está o arrefecimento da área devido a sua sombra de copa e evapotranspiração, contribuindo para melhorar a qualidade do ar com a produção de oxigênio e absorção de contaminantes transportados pelo ar, bem como incluindo Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) e minimizando as emissões de carbono (Czaja et al., 2020). Entre as

vantagens indiretas está o menor consumo de energia das edificações pois há menos necessidade de refrigeração (ar condicionado) no verão e menor despesa em sistemas de aquecimento no inverno, devido à proteção dos edifícios com a cobertura vegetal de vento e sol (Ziaemehr et al., 2023).

Pode-se destacar que aliar a IV aos seus serviços ecossistêmicos, constitui o aumento da resiliência das cidades contra os impactos das mudanças climáticas e desastres naturais, como secas e inundações (Van Oijstaeijen; Van Passel; Cools, 2020). Destaca-se que os inúmeros serviços ecossistêmicos derivados da IV merecem iniciativas políticas para promoção de medidas ecológicas nas cidades.

No Brasil, as iniciativas de implantação de IV ocorrem principalmente no âmbito das universidades e faz-se necessário mais políticas públicas para aplicar este benefício, buscando um melhor planejamento urbano das cidades com a inclusão de projetos paisagísticos. Deve-se propor projetos que colaborem para saúde ecológica, integridade biótica e qualidade de vida das pessoas, criando relações ecológicas entre os elementos da paisagem, tendo uma troca das disciplinas de projeto da paisagem com a ecologia urbana (Pellegrino, 2017).

Entre os trabalhos acadêmicos que ressaltam a importância da IV, houve a pesquisa “Parques e Áreas Verdes Resilientes na Cidade de São Paulo”, iniciada na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP) precisamente no LABVERDE com a coordenação da professora Maria de Assunção Ribeiro Franco e vice coordenação do professor Paulo Renato Mesquita Pellegrino, que iniciou este projeto em 2019, com o objetivo de ressaltar a importância dos parques urbanos e suas bordas, como estratégias de resiliência da cidade de São Paulo para o ecossistema urbano e mitigar as mudanças climáticas. O trabalho, que teve como área de estudo a Infraestrutura Verde no Corredor Verde Ibirapuera-Villa Lobos demonstrou que é possível a aplicabilidade

dos conceitos de IV e resiliência urbana no Planejamento e no Desenho Ambiental da cidade de São Paulo (Franco, 2010).

Em 2014, houve a iniciativa do LABVERDE de realizar uma oficina para a implantação da Infraestrutura Verde na Cidade Universitária, Campus Butantã da USP. Naquela ocasião foi discutida a estratégia da IV no projeto para reconversão dos espaços abertos e entre as edificações de forma mais natural, visando aperfeiçoar seus serviços ecossistêmicos (Pellegrino; Castañer, 2014).

Também houve o estudo de Catuzzo (2013), que propôs utilizar a eficiência da IV na forma de telhado verde como serviço ecossistêmico para minimizar as alterações no microclima urbano no centro da cidade de São Paulo. Por meio dessa análise comparativa, foi realizado este estudo com medições de temperatura e umidade relativa do ar para um telhado verde intensivo e outro de concreto, localizados na mesma quadra urbana, mostrando a mitigação da ICU em São Paulo (Catuzzo, 2013).

2.6 Floresta urbana

A FU, embutida em uma das formas de implementação da IV, podendo também estar na área urbana ou periurbana, pode ser uma medida efetiva para melhorar a qualidade ambiental urbana e minimizar os impactos negativos na qualidade de vida da população, causados pela crescente urbanização mal planejada. De forma que os espaços verdes possam ser relevantes para serem suporte aos órgãos e decisões do planejamento urbano, visando a conservação e gestão dos espaços (Almeida, 2006).

Na estrutura da IV, a FU representa o elo de união das áreas urbanas às periurbanas, melhorando o viés ecológico das cidades (Salbitano et al., 2017). Na paisagem urbana, a presença da FU formando um dossel arbóreo é um componente importante que deve ser explorado em todos os contextos, compreendendo desde espaços de criatividade, diálogo, convivência e aos espaços de encontro.

Assim, as árvores podem mitigar os efeitos da radiação solar e do calor por elas gerado (Sarti, 2009). Sendo que, os serviços ecossistêmicos gerados pela arborização urbana, podem fornecer a compensação da perda da qualidade ambiental ocorrida na expansão do espaço (Duarte et al. 2017).

Há uma necessidade de entender a FU como parte da IV de âmbito multifuncional visando a melhoria da qualidade de vida nos aglomerados urbanos, tendo um *design* da paisagem como promoção de sustentabilidade e resiliência urbana (Pellegrino, 2000).

A FU pode ter uma estrutura simples ou complexa, com uma investigação da espécie adequada em cada caso e buscar maior densidade da sua vegetação no seu planejamento a fim de abrandar os conflitos com a infraestrutura urbana e maximizar seus benefícios, como os serviços ecossistêmicos prestados, sendo aplicada em áreas abertas, sistema viário e pode ser condicionada de acordo com a volumetria e altura da edificação, pensando assim na estrutura da vegetação, gradiente de urbanização e seu contexto para ser bem implementada (Pellegrino, 2017).

Destaca-se que a arborização escolhida deve ser resiliente, apresentar adequação urbana e intolerância à seca. Com esse planejamento, a plantação das árvores verificando sua espécie e local de implementação, é necessária para se obter uma Floresta Urbana bem-sucedida. (Morzillo et al., 2022)

Destaca-se que as árvores aumentam as áreas sombreadas e aliadas à evapotranspiração que promovem, reduzem a quantidade de calor na atmosfera, ou seja, 1 mm de água ($1 \text{ mm} = 1 \text{ L/m}^2$) de evapotranspiração requer 59 cal/cm^2 ($1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$). Quanto maior a superfície foliar, maior é a capacidade de transpiração das árvores, quando há água disponível no solo para que haja essa troca (Testa et al. 2022).

Assim, o maciço de vegetação arbórea colabora para amenização do clima e também para qualidade de vida da população, produzindo essa amenização do clima urbano nos ambientes antropizados (Drumond et. al, 2022). Além da melhora do clima urbano pela

vegetação especialmente arbórea, em uma floresta há o sequestro de carbono (C) realizado pela biomassa aérea e pelo solo.

Durante o crescimento da planta, com a biomassa vegetal ela é capaz de fixar e produção de alguns gases, como o sequestro e armazenamento de Gás Carbônico (CO₂), colaborando para a melhora da qualidade do ar (Ferreira, 2013).

Em uma floresta, o sequestro de Carbono (C) realizado pela biomassa aérea e pelo solo é um dos principais serviços ecossistêmicos da área florestal, colaborando para o ciclo do carbono e nutrientes nas florestas urbanas equilibradas que unem a relação solo e vegetação, com suas árvores em pé e a serapilheira (folhas e galhos que caem no solo), gerando matéria orgânica que é em parte transformada em matéria húmica onde há o estoque de C no solo. Além do sequestro de carbono, a parte húmica aumenta a fertilidade do solo e crescimento das plantas, equilibrando a porosidade do solo, há o controle da erosão e maior drenagem, portanto manutenção dos aquíferos (Amaral; Costa; Muzzi, 2017).

Logo, a vegetação além de prover menor temperatura nas cidades em relação ao asfalto, em sua parte densa atua como adensamento arbóreo, liberando umidade. Assim, o aumento da arborização urbana está diretamente ligado ao aumento da evapotranspiração, o que aumenta o albedo, ou seja, redireciona a energia da radiação solar para ser usada para evaporar água em vez de aquecer o ar (Calhoun et al., 2024).

Porém há um desafio nas cidades para que haja o aumento da arborização urbana, esta deveria estar mais conectada formando um dossel arbóreo, relevando as árvores de grande porte, implantadas em canteiros adequados para não bloquear os fluxos geoquímicos e os benefícios gerados por essa área verde. Esse retrato, se deve ao modelo brasileiro, das grandes cidades, com densidade de edificações e cobertura do solo, com diminuição de espaços para às áreas verdes, o que limita a utilização de árvores, sobretudo de grande porte e as espécies ideais para constituir uma FU (Gonçalves et al. 2018).

Faz-se necessário desenvolver alternativas viáveis para implementação das áreas verdes nas cidades, onde deve-se pensar na sua distribuição nas dependências públicas e privadas, distribuição nas cidades e entre as comunidades, abrangendo sua ocupação no uso do solo, tornando viável sua aplicação, fugindo do padrão oneroso e tempo longo de demanda do custo envolvido que vem sendo utilizado (Da Silva Filho et. al., 2005).

O planejamento da arborização urbana deve se pensar a longo prazo, dado a importância de plantar árvores de grande porte que podem combater as mudanças climáticas com o “resfriamento do ambiente” pela transpiração, sombreamento do edifício e das superfícies. Assim, visando a longevidade da árvore este dossel arbóreo deve ser planejado com anos de antecedência, considerando as condições climáticas do local (Esperon-Rodriguez, 2024). O que deve estar em vigor nas políticas públicas de manejo de árvores, visando a qualidade de vida dos habitantes.

A execução bem planejada para estruturar uma FU deve ser funcional, de forma que forneça seus serviços ecossistêmicos para região, assim deve-se conhecer a característica de cada plantio, as espécies em suas características fisiológicas e morfológicas, não se esquecendo da sua resiliência no meio urbano (Mace et al., 2012).

As árvores cultivadas na cidade são denominadas como “arborização urbana”, e apresentam diversos benefícios para a população, englobando o social, econômico e ambiental, onde deve-se avaliar a abordagem quantitativa e qualitativa de sua aplicação em ambientes urbanos pensando no progresso do bom trato da arborização urbana (Silva et al. 2022).

O termo Arborização Urbana (AU) é usado em diversas instituições de pesquisa e estudo, como a *International Society of Arboriculture* (ISA) dos Estados Unidos, e a SBAU no Brasil.

Segundo Bell et al. (2005), os benefícios do meio urbano arborizado são vários quando bem manejados, promovem a qualidade de vida do cidadão, contribuindo para formação de cidades sustentáveis como meio de sobrevivência, trabalho e lazer.

Também, quando bem planejada a FU desempenha uma função relevante para o equilíbrio ecológico das cidades. Assim, as estruturas da vegetação podem mitigar os efeitos do impacto da poluição sonora e também ser habitat para fauna local colaborando para biodiversidade urbana (Hao et al. 2024).

Importante destacar que a FU pode ter diversas funções, além da ideia positiva da qualidade estética que predomina na implantação dos espaços verdes das gestões brasileiras. Nas áreas verdes, principalmente as árvores, equilibram o desconforto do ser humano em relação às grandes edificações, possibilitando o estabelecimento de áreas de lazer. E também cumprem o papel de proteção da biodiversidade, evitam problemas geotécnicos tendo áreas de proteção de aquíferos e mananciais, regulam o clima urbano, a umidade do ambiente, a qualidade do ar e realizam o controle sonoro (Sirkis, 2008).

Adicionalmente, a arborização bem distribuída favorece áreas para prática de esportes e momentos de relaxamento, podendo resolver problemas de saúde coletiva ao ser usado esses espaços verdes de forma a melhorar a saúde e a qualidade de vida da população. Este cenário é raro na maioria dos municípios brasileiros, pois a maioria das IV predomina somente nas calçadas, praças e parques nos bairros mais nobres. Nas áreas centrais e periferia isso não ocorre, sobretudo, devido ao descuido no planejamento e não por falta de espaço. Pois há áreas abandonadas que poderiam se tornar praças e parques, além de calçadas que poderiam ser melhor planejadas para caber mais árvores e melhorar sua distribuição, mas infelizmente, a falta de fiscalização do poder público e desigualdade socioeconômica são fatores latentes na desigualdade da distribuição da AU (Ferreira; Zabotto; Periotto, 2021).

Assim, com a proteção e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, aliada à redução da pobreza, há a adaptação da sociedade às mudanças climáticas e remoção dos gases de efeito estufa (Scarano, 2017).

2.7 Mobilidade urbana

O Brasil é o segundo maior poluidor da América Latina, emitindo 23% dos gases de efeito estufa da região (Onu-Habitat, 2014). Especificamente São Paulo constou com 77% do gás carbono emitido por automóveis de modo individual e cada ocupante de um veículo, produziu em horas, 11 vezes mais congestionamento do que passageiros de um ônibus.

Na emissão de gases, ao considerar o transporte individual sobre transporte de passageiros, ocorre emissão de aproximadamente 68%, em comparação aos 23% emitidos pelo transporte coletivo 23% (Ministério do Transporte, 2013).

Destaca-se que é necessário pensar na melhoria do transporte público de média capacidade. Estes seriam compostos por corredores de ônibus, Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) ou bondes, que podem ser implantados a baixo custo e de forma rápida. Sendo os corredores de ônibus com rápida implantação e baixo custo, apenas sendo necessário ter a pintura no asfalto sinalizando a faixa de ônibus e instalar nos seus pontos o pavimento de concreto, devido ao diesel que pinga dos ônibus e pode danificar o asfalto. Ainda seria ideal que este transporte fosse movido à energia elétrica, bateria ou biodiesel, pois ajuda no ciclo do lixo que é produzido a partir do Gás Metano (CH_4), emitido pela decomposição da matéria orgânica dos aterros sanitários e ainda no caso da energia elétrica ou bateria, colaboraria para a não emissão do carbono na atmosfera (ITDP, 2018).

Dessa forma, o meio urbano é um sistema complexo onde os elementos que a constituem, como uso da terra, transporte habitação e saúde são interligados e fazem surgir um novo âmbito, a chamada mobilidade. O estudo deste âmbito, não pode ser estudado de forma fragmentada, mas sim de forma integrada, ou seja, o trânsito é um efeito do transporte que estão ligados ao uso do solo que altera por sua vez o transporte e trânsito e vice-versa, sendo assim uma

dependência direta desses fatores que devem ser estudados em conjunto de forma complementar e multidimensional (Terán, 2015).

No país, estima-se que mais de 50% das residências possui carro ou moto em suas garagens, desde o governo da década de 1930 a frota brasileira vem crescendo e nos últimos dez anos o número de carros individuais cresceu 138,6%, enquanto a população teve expansão de 12,12% no mesmo período (Rubim; Leitão, 2013). Porém, o carro passa a ser nessa quantidade e com uso cotidiano, um problema de mobilidade nas grandes cidades. Assim, o Brasil possui alto índice de acidentes de trânsito, com 22,5 mortes a cada 100 mil pessoas, número maior que em países como Índia (18,9), a China (20,5) e o dobro dos Estados Unidos (11,4). Resultando em gastos na saúde pelo governo brasileiro, em média de 50 bilhões de reais ao ano com tratamento provenientes de acidentes de trânsito.

Adicionalmente, a arborização urbana favorece a mobilidade ativa. Esta ação ocorre quando uma pessoa deixa o carro de lado e passa a realizar seus deslocamentos diários a pé e de bicicleta, de forma a contribuir para a saúde do indivíduo (Goulart, 2018). Segundo a OMS (2010) o ideal é que uma pessoa adulta realize pelo menos 150 minutos semanais de atividade aeróbica para auxiliar suas funções cardiorrespiratórias, musculares e prevenir doenças não transmissíveis.

Deve-se pensar em ações e políticas de gestão na mobilidade urbana sustentável, como a Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável (PNMUS), visando a promoção da cidadania e da inclusão social.

Segundo Reis (2022), na atualidade deve-se relevar a mobilidade urbana como consequência do desenvolvimento desordenado da cidade e como uma das principais políticas públicas que, se bem planejada, pode transformar a segregação espacial das áreas, por meio da aproximação da população ao seu local de trabalho, podendo ser um vetor de transformação social. Almejar a sustentabilidade é pensar no transporte público saindo do investimento no transporte individual

motorizado e empregando menos na construção de ruas, avenidas e estacionamentos (Rother, 2016).

2.8 Geotecnologias para mapeamento

A integração do Sensoriamento Remoto (SR) com o SIG tem sido muito utilizada para caracterizar os padrões espaciais da mudança do uso e ocupação da terra. O SIG apresenta um ambiente flexível para entrada, análise e mapeamento dos dados para uso e ocupação da terra, por exemplo (Liu; Yang, 2015).

Sabe-se que o SR vem sendo cada vez mais utilizado, pois permite amplo e eficaz monitoramento, propicia avaliações ambientais diversas e relaciona-se com atividades antrópicas, se inserindo em diversas áreas do conhecimento em pesquisas e meios privados (Shimabukuro; Maeda; Formaggio, 2009).

As imagens de satélite são muito utilizadas no levantamento de vegetação em áreas urbanas, com destaque em cidades de grande porte, como é o exemplo do município de São Paulo (Velasco, 2007).

As geotecnologias abrangem o levantamento de dados espaciais, não espaciais, modelos, análises e tratamento de dados. Como modelo desta tecnologia, se destaca o SIG ferramenta que permite a integração de várias tecnologias (Ferreira, 2019).

Adicionalmente as potencialidades do SIG, aliam-se as análises dos dados espaciais para abordagem em pesquisas quantitativas e qualitativas, além de informações descritivas que podem auxiliar uma ampla abordagem de consultas espaciais (Gutama; Iresha, 2023).

Importante o uso dos SIGs, seja pela sua vastidão e complexidade de atributos para o processamento e análise de dados espaciais e com as melhorias recentes nas interfaces gráficas e espalhamento de dados georreferenciados, seja por seus mapas temáticos e imagens de satélite contribuíram para a popularização desta tecnologia (Reibel, 2007).

O SIG é uma técnica e método que colabora para o planejamento do território, como exemplo para o estudo da ICU, onde há a interação

espacial e numérica de objetos geográficos e representação de dados tabulares, permitindo inovação para a pesquisa, auxílios de programas de computador de simulação, representação e resultado de cálculos desenvolvendo modelos em SIG (Quan et al., 2015). Com a junção dessas abordagens tem-se a disseminação e concepção da informação geográfica, uso de diferentes conhecimentos de aplicação algorítmica e performance da produção de informação de dados, estudo de informações que unem o uso e prática estabelecida por conhecimentos especializados, em relação à abordagem de processos e orientações estar relacionado com estabelecimento de um *framework*, ou seja, uma moldura que orienta para que o pesquisador cumpra uma missão.

De acordo com Ryan (2011), o uso de informação espacial, com destaque na utilização de SIG auxiliam no planejamento paisagístico e urbano.

As redes cada vez mais inteligentes vêm sendo tomadas pelo o uso do SIG, pois fornecem uma plataforma necessária para o compartilhamento de dados para aplicação do SIG., Além de serem alicerces para informações importantes sobre pesquisa, planejamento e tomada de decisão, esta rede de informações pode ser compartilhada entre diferentes usuários (Kang, 2021)

Adicionalmente, a aplicabilidade das geotecnologias também é incluída na informação das organizações das camadas de banco de dados em ambiente do SIG, tendo o auxílio das plataformas como *Google Maps* e *Google Earth* (Pancher; Aguiar; Costa, 2022).

O SIG apresenta um método tecnológico sofisticado que vem sendo utilizado por planejadores, engenheiros e cientistas para analisar e mapear todas as bases de dados referenciados de localização sobre a saúde, estado e história da complexa Terra, de forma a entendê-la de forma dinâmica e com uma variedade de base de dados capaz de integrá-lo num único sistema (Dangermond, 2009).

Destaca-se, que em paralelo ao desenvolvimento do SIG há a importância de diferentes contribuições para começar o processo de

Sistema de Apoio ao Planejamento (SAP), que alia o SIG, modelos e visualizações de trabalhos em base de dados (Moura; Freitas, 2020).

2.9 O uso do Geodesign nas áreas urbanas

Apesar da relevância do uso do SIG e o SAP, há uma lacuna a ser preenchida sobre a carência de investimentos na visualização de recursos, mais especificadamente na geovisualização sobre a área a ser estudada.

A aplicação do Sistema de Apoio ao Planejamento/*Planning Support System* (SAP/PSS) vem sendo embasada nessas dinâmicas para tomada de decisão no planejamento territorial, a fim de avaliar e relevar informação de geovisualização em modelos tridimensionais voltados para a paisagem urbana (De Santana, 2014).

Nessa tentativa da geovisualização e territorialização da construção com planejamento da paisagem, surgiu-se o termo Geodesign. Este termo surgiu em 2008, no Encontro de Concepções Espaciais e SIG e Geodesign, baseados na metodologia de *framework* para planejamento e *design* do território urbano e do ambiente da paisagem, aplicando os processos de forma integrada (Steinitz, 2012).

No âmbito do planejamento em qualquer área, em destaque a área ambiental, o Geodesign fornece uma estrutura de métodos e tecnologias para construção de habilidades e indicadores. É um método tecnológico aperfeiçoado que mescla a forma rígida com a proposta de planejamento com simulações de impacto que ocorrem no contexto geográfico (Flaxman, 2010).

Ressalta-se que este método é sistêmico do planejamento territorial baseado no SIG e em novas práticas de estudos, que estão sendo desenvolvidas pelos pesquisadores do tema (Fonseca; Ribas. Moura, 2016). Como a Plataforma Brasileira de Geodesign (GISColab) que dá suporte a trabalhos sobre planejamento urbano, há a facilitação de experiências de *workshops on-line* que foram muito utilizados na época de pandemia, e também, como aproximação de

pesquisadores de diferentes conhecimentos e regiões (Moura; Morais; Mello, 2022).

A abordagem do Geodesign, surge como uma emergente estratégia para o planejamento e projeto espacial. Ela implica processos complexos que podem envolver equipes profissionais multidisciplinares, tomadores de decisão como a população, e também pode colaborar para a mudança sustentável do cenário em estudo que irá afetar o futuro das comunidades e territórios (Campagna, 2016).

Também é destacado que o Geodesign se difere do design tradicional em relação à implementação. Difere, pois seu durante seu fluxo de trabalho, no processo de criação do design, há a junção de vários colaboradores ou ideias durante o processo de criação. Dessa forma, o Geodesign visa analisar os impactos na paisagem e buscar soluções, com várias versões melhoradas, por meio da utilização de uma plataforma digital para colaboração e enriquecimento da base de dados dando suporte ao fluxo de trabalho (Ballal; Steinitz, 2015).

Segundo Ballal (2015), é interessante o uso do Geodesign pois alia a análise do SIG com a criatividade do design, criando uma concepção sistemática de planejamento com uso do fluxo do trabalho digital, a fim de obter apoio à gestão ambiental por meio da mudança digital, onde pode-se criar planos a nível regional de informações modernas. É uma união da geografia pelo geo com o projeto pelo *design*, relevando o planejamento e o desenho do território com aderência às características locais, visa fornecer uma abordagem colaborativa de forma multidisciplinar, usando parâmetros de *design* através de SIG e outras plataformas para auxiliar nos cenários futuros alternativos em questões discutidas (IGC, 2021).

Destaca-se que a criação de um produto baseado no Geodesign, inicia-se pela base de dados, depois da análise e avaliação da informação para atingir o objetivo e assim criar o design. A técnica surge como complemento do SIG, que gera informações

geoespaciais, porém tem a lacuna do design, de forma a criar e recriar novos cenários e realidades, e assim o Geodesign complementa a utilização do SIG nos projetos (Miller, 2012).

Dessa forma, propostas relacionadas com o termo Geodesign emergiram ao longo do tempo com tecnologias de SIG e expansão da condição de geovisualização, a fim de unir diferentes atores para a participação e planejamento (Moura; Freitas, 2020).

2.10 Soluções baseadas na natureza

O termo Soluções Baseadas na Natureza (SbN) foi cunhado pela União Internacional para Conservação da Natureza como pode ser verificada sua descrição abaixo:

Ações para proteger, gerir de forma sustentável e restaurar sistemas naturais ou modificados, que abordam os desafios sociais (por exemplo, alterações climáticas, segurança alimentar e hídrica ou catástrofes naturais) de forma eficaz e adaptativa, ao mesmo tempo que proporcionam bem-estar humano e benefícios para a biodiversidade (IUCN, 2016).

O conceito é atual, sendo que no Brasil cita-se sobre SbN apenas nos últimos cinco anos. Em termos gerais, atualmente pode-se encontrar referências explícitas sobre o tema ou alguns conceitos abrangidos por ela, tais como a “IV e a Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE)” em projetos e planos de ação climática para a adaptação e mitigação urbana às mudanças climáticas (Marques et al., 2021).

Nas cidades, para se aplicar as SbN com a implantação da IV, esta pode ser definida como uma rede de áreas verdes urbanas que são mantidas ou implementadas, estrategicamente planejadas e gerenciadas a fim de beneficiar a população favorecendo a qualidade ambiental e de vida (Kantartzis, 2019). A IV pode estar representada em forma pública ou privada, praças, hortas urbanas, arborização, paredes verdes e os tetos verdes (Amato - Lourenço et al. 2016).

De acordo com a European Environmental Agency (EEA , 2023), a SbN é um termo “guarda-chuva” que descreve a variedade

e variabilidade da natureza, incluindo a biodiversidade terrestre e engloba três níveis de organização do sistema vivo, o genético, o de espécies e o de ecossistema.

As SbN seguem oito princípios: (1) abraçar as normas e princípios de conservação da natureza; (2) poder ser implementadas sozinhas ou em um de forma integrada com outras soluções para desafios sociais (por exemplo, resoluções tecnológicas de engenharia); (3) são determinadas por soluções de engenharia naturais e contextos culturais que incluem os tradicionais, conhecimentos locais e científicos; (4) produzir benefícios sociais de forma ampla e equitativa, de modo a promover transparência e grande participação; (5) manter a diversidade biológica e cultural e a capacidade dos ecossistemas de evoluir sobre o tempo; (6) poderem ser aplicados à escala de uma paisagem; (7) reconhecer e abordar as compensações entre a produção de alguns benefícios econômicos para o desenvolvimento, e opções futuras para a produção dos serviços dos ecossistemas e; (8) serem parte integrante da concepção global de políticas, e medidas ou ações, para enfrentar um desafio específico (Cohen-Shacham et al., 2016).

Ressalta-se que a transformação do uso e ocupação da terra de áreas verdes e a baixa permeabilidade decorrente do aumento de superfícies impermeáveis, resulta na diminuição da infiltração, resistência ao fluxo e aumento escorrimento. Este fator contribui para formação de inundações quando ocorrem chuvas intensas que vêm sendo cada vez mais frequentes com as mudanças climáticas. Dessa forma, são necessárias adaptações de soluções práticas, como a SbN que usualmente é considerada um pilar para outros conceitos, como serviços ecossistêmicos, IV e resiliência (George; Paul; Dhawale, 2021).

Neste trabalho o enfoque da SbN se dá principalmente com relação aos princípios: (6) poderem ser aplicados à escala de uma paisagem, e (8) serem parte integrante da concepção global de políticas, e medidas ou ações, para enfrentar um desafio específico.

Verifica-se que o conceito de SbN desenvolve-se nos pontos fortes da capacidade de combater os desafios da sociedade no âmbito ambiental e das mudanças climáticas (Langemeyer; Baró, 2021). Na paisagem, a SbN, funciona como um “guarda-chuva” a fim de conectar e manter processos naturais na paisagem, incluindo inovações, como a IV.

Dentro dos sistemas inspirados na natureza têm-se a SbN, com multifuncionalidade que propicia diversos serviços ecossistêmicos visando a resiliência urbana com a recuperação de ecossistemas degradados e regeneração das suas funções essenciais. Também, a SbN possui a função de promoção da biodiversidade com embasamento da restauração e manejo sustentável dos ecossistemas. Assim, o conjunto dessas soluções trazem além da harmonia com a natureza, suporte ao crescimento econômico, criando empregos “verdes” e espaços saudáveis que melhoram a qualidade de vida da população (Herzog, 2020).

A SbN visa gerar benefícios sociais, ambientais e econômicos para a sociedade tendo como base as soluções naturais, representadas por iniciativas como jardins de chuva, telhados verdes, agricultura urbana, arborização urbana. Assim, essas soluções partem do princípio de utilizar os serviços ecossistêmicos da natureza a fim de reduzir a vulnerabilidade urbana frente aos eventos extremos (Fraga; Sayago, 2020).

A aplicação da SbN de diversas formas no planejamento das áreas urbanas, pode melhorar as condições de saúde dos moradores por meio dos espaços verdes urbanos, tornando as cidades mais resilientes e sustentáveis (Raymond et al., 2017). Os benefícios da proposta da SbN incluem soluções para emergências atuais, como o clima urbano e impacto negativo na biodiversidade, tornando projetos que incluem esta temática mitigadores de impactos climáticos e ambientais.

As SbN onde são destacadas na implementação da IV, fornecem diversos benefícios ecológicos e sociais, entre eles a qualidade do ar, o sequestro de carbono, a melhora da quantidade e a qualidade da

água, a melhora do microclima, a diminuição do uso de energia, além de proporcionar a qualidade de vida e saúde, a diminuição do ruído, a valorização do uso da terra e contribuir para manutenção da biodiversidade promovendo benefícios para a comunidade e economia local (*United Kingdom Green Building Council, 2022*).

As SbN abrangem os ecossistemas urbanos, a ênfase na biodiversidade e a IV visando reduzir a IC e têm expandido o seu papel nas áreas urbanas na busca de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, favorecendo oportunidades de diminuição das desigualdades sociais e incentivo à economia verde. (Mcphearson et.al. 2018). Assim, as SbN visam reproduzir os sistemas ecológicos com seus benefícios de serviços ecossistêmicos, incluindo a implementação da IV, podendo ser uma forma de arborização urbana e podendo ser aplicadas nas paisagens rurais e urbanas (Nesshöver et al., 2017).

Além disso nas áreas urbanas, estas soluções fornecem a regulação do controle climático, o sequestro de carbono, a melhoria da qualidade do ar, da água e do solo, o controle de alimentos, o suporte à vida, a produção de oxigênio e a ciclagem de nutrientes (Conte, 2024).

Ressalta-se que a Região Metropolitana de São Paulo, incluindo o município de São Paulo, é uma área que devido às suas condições ambientais e sua condição de escassez de recursos hídricos com problemas de gestão das águas, possui ampla capacidade para se implementar a SbN. Deste modo deve-se ter um planejamento urbano adequado visando o sucesso das SbNs (Devecchi, et. al. 2021).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) possui 8.000 km² de área total e é composta de 39 municípios. Consiste em um macrossistema industrial de um país em desenvolvimento, com uma população é de 20.850.000 habitantes e uma área construída de 2.707 Km², o que a torna o maior aglomerado urbano da América Latina e Caribe (*Demographia World Urban Areas*, 2019).

A capital do estado de São Paulo é a cidade de São Paulo, relevante metrópole brasileira, com uma população de 11.451.999 de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2022), possui Clima Subtropical Úmido (Cfa) segundo a classificação Köppen – Geiger (Peel et al., 2007) e está localizada na latitude 23,5°S e na longitude 46,6°W, sendo cortada pelo Trópico de Capricórnio. A temperatura média varia ao longo do ano, entre meses mais quentes variando entre 28°C a 22°C, e meses mais frios variando de 19°C a 12°C, possuía umidade relativa alta, variando entre 80% e 70% de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Sendo o município de São Paulo, área de estudo principal deste trabalho e como dito anteriormente é a sede da RMSP, maiores detalhes podem ser observados na Figura 1, abaixo.

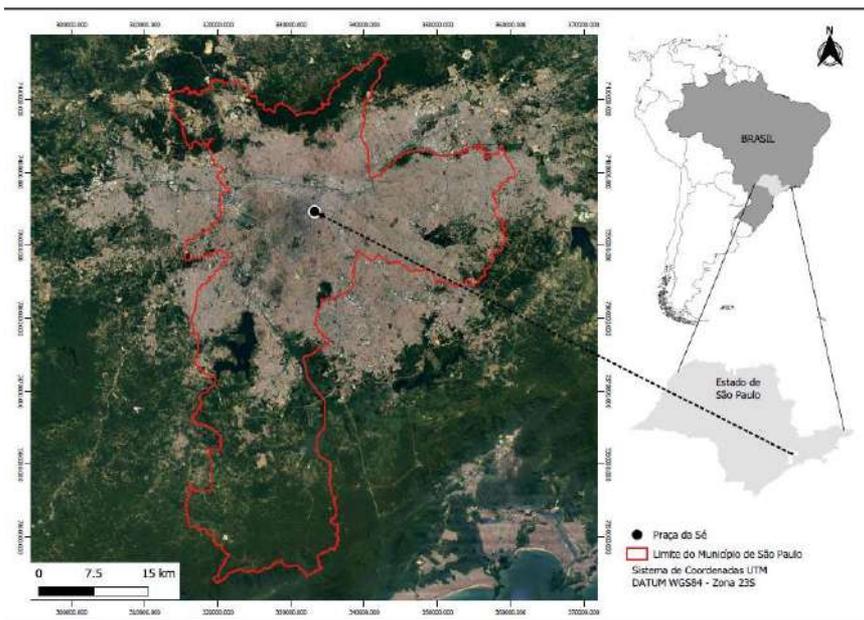


Figura 1 - Localização da área de estudo: município de São Paulo – SP

Fonte: A Autora (2022)

O município de São Paulo contém 32 subprefeituras e tem uma área de 1.521 km², com densidade demográfica de 7.528,26 hab/km² (IBGE, 2022). As subprefeituras podem ser visualizadas na Figura 2, abaixo.

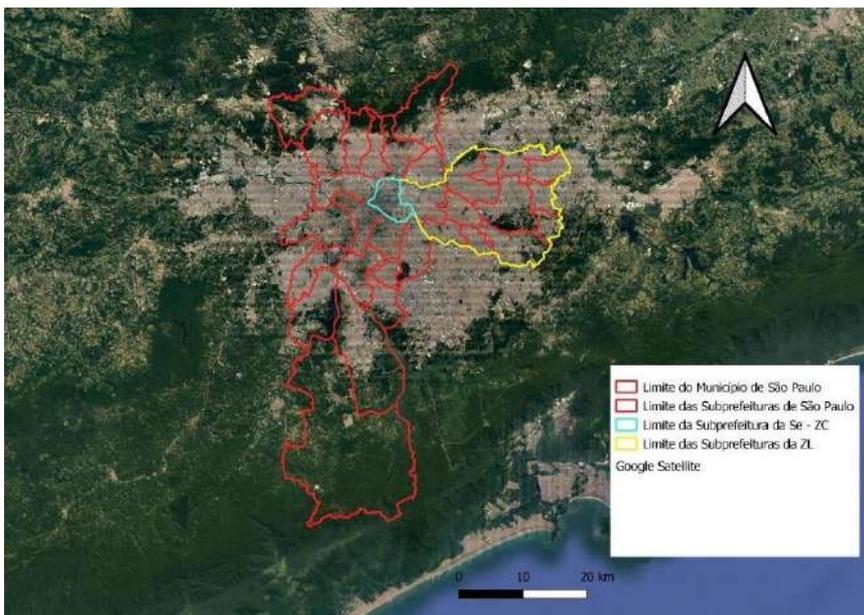


Figura 3 - Mapa dos Limites do município de São Paulo - SP com destaque na Zona Central (ZC) e ZL

Fonte: A autora, 2022.

É importante o estudo da ZC, pois foi o marco da emergência de São Paulo. Sua subprefeitura é a Sé, responsável pela administração dos distritos de Bom Retiro, Santa Cecília, Consolação, Bela Vista, República, Liberdade, Cambuci e Sé. É caracterizada por uma área de 27 km² e por extensa população, com 431.106 habitantes e densidade demográfica de 16.454 hab/km² (IBGE, 2010).

Destaca-se que a arborização nos centros urbanos pode contribuir para a valorização desses espaços onde ocorre muita deterioração pela sua intensa ocupação, assim como esta vegetação irá reduzir a poluição atmosférica e sonora, temperatura e assim, estruturar as vias e criar espaços de referência e identidade na cidade (Bonametti, 2020). Devido ao aumento da urbanização nessa área ocorrido há vários anos, sendo um dos maiores centros comerciais do Brasil, apresenta uma modificação intensa na paisagem (Jesus, 2011).

No contexto da ZL, também se faz necessário olhar para sua paisagem pois possui uma área de quase 400 km² e aproximadamente 4,6 milhões de habitantes, com 18.222 habitantes por km² (IBGE, 2010). É composta pelas subprefeituras da Mooca, Vila Prudente, Aricanduva, Penha, Ermelino Matarazzo, São Miguel, Itaim, Itaquera, Guaianazes, Cidade Tiradentes, São Mateus, e é cercada pela alta urbanização assim como elevado comércio e industrialização. A ZL é a mais populosa entre as zonas do município de São Paulo - SP, com 4 milhões de habitantes (34,9% do total de habitantes da cidade de São Paulo). Entre os distritos mais habitados da região estão Sapopemba (266,7 mil), Itaquera (211 mil) e Itaim Paulista (205,3 mil) (Nexo, 2024; IBGE, 2022).

Aliado a este cenário, esta zona apresenta áreas de risco ambientais, com maior concentração de população em casas precárias de condições sanitárias assim como maior quantidade de crianças e adolescente em comunidades de baixa renda (Alves, 2006).

3.2 O uso das geotecnologias na realização de mapas

Neste trabalho, foram mapeados com o auxílio do SIG e o uso do software *Quantum Gis* (QGIS), o município de São Paulo - SP. Obteve-se mapas de uso e ocupação da terra, campo térmico, índice de vegetação na abrangência da estação úmida (podendo abranger de janeiro a maio) e da estação seca (junho a novembro) do ano de 2020, 2022 e 2023. Foi feita a análise da ICU com base no mapa do campo térmico e na estatística. Posteriormente foram mapeadas as ZC e ZL do ano de 2022 e 2023.

As imagens do ano de 2020 foram obtidas gratuitamente no site do INPE, e possuem resolução de 2 metros pela imagem de satélite, que surgiu de uma união do governo do Brasil e da China assinada em 1988, com a parceria do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST), onde foram construídos dois satélites avançados de sensoriamento remoto, denominado Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres/*China-Brazil Earth Resources Satellite* (Programa CBERS).

Especificadamente neste trabalho, utilizou-se do CBERS 4A que surgiu como continuidade ao programa, lançado no dia 20 de dezembro de 2019 e construído em parceria com a CAST Chinesa (EMBRAPA TERRITORIAL, 2018). Para a IV com ênfase na arborização urbana do ano de 2013, as imagens foram obtidas pelo geosampa.

A imagem *Landsat 8*, com resolução de 8 metros, da área de estudo de 2022 e 2023 foram retiradas do site *Planet*, que é uma plataforma *web-geo* de dados de imagens de satélite de vários países e anos. A *Planet* surgiu em 2011 com uma abordagem eficaz do sensoriamento remoto, controle de missões e sistemas operacionais, atua em três constelações satélites de imagens *PlanetScope*, *RapidEye* e *SkySat*. Cada satélite *PlanetScope* é um CubeSat 3U (10 cm por 10 cm por 30 cm), na qual a constelação contempla aproximadamente 175 satélites (Planet Team, 2018).

A paisagem no ambiente rural e urbano sofre constantes modificações que incluem impactos ambientais que podem ser combatidos com um planejamento da paisagem, levando em consideração os espaços livres e suas multifuncionalidades.

As geotecnologias referentes ao Sensoriamento Remoto e SIG permitem a aplicação nos diferentes campos do conhecimento e estão cada vez mais interligadas. O SIG, utilizado em mapeamento é uma classe especial de sistema de informação que controlam eventos e atividades relacionadas ao uso e ocupação da terra.

Destaca-se o SIG como instrumento de mapeamento para obtenção de respostas às questões sobre a coleta de dados do ambiente físico, de forma a analisar as mudanças do meio ambiente e assim auxiliar no planejamento e gestão dos recursos naturais existentes (Fruehauf; Lombardo; Pellegrino, 2019). O QGIS se destaca por ser um *software* livre e aberto muito utilizado, que se enquadra no SIG e aceita inúmeros formatos de dados vetoriais, matriciais e banco de dados. De forma que permite gerar, visualizar, gerenciar, editar e analisar dados, além de compor mapas em vários formatos (Pereira; Guimarães; Oliveira, 2018).

O mapeamento do uso e ocupação da terra é importante nos estudos ligados à temática ambiental, pois auxilia na identificação e localização dos autores responsáveis pelas suas condições ambientais (Ferreira, 2010).

Existe uma variedade de sistemas sensores projetados para fornecimento de dados da superfície terrestre, destaca-se o *Landsat 8* lançado em 11 de fevereiro de 2013, que é uma união entre a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e *United States Geological Survey* (USGS) (Oliveira, et.al., 2017).

O Satélite *Landsat 8*, onde se encontram os sensores de infravermelho termal com as bandas 10 e 11, são capazes de mensurar a TST e também o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Sendo assim neste trabalho utilizou-se dessas imagens de satélite para mapear a TST e o NDVI da área de estudo em 2020.

No que se refere ao índice de vegetação mais utilizado nos mapeamentos, destaca-se que é o NDVI (Cohen et al., 2003; Dorigo et al., 2007). O NDVI é apresentado pelo cálculo da diferença entre as bandas do Infravermelho Próximo e do Vermelho, normalizada pela soma das mesmas bandas proposto por (Rouse et al., 1973), (Zanzarini et al. 2013) como segue:

$$NDVI = (IVP - V) \div (IVP + V)$$

Sendo:

NDVI = valor do índice de vegetação da diferença normalizada

IVP = valor da refletância na faixa do infravermelho próximo

V = valor da reflectância na faixa do vermelho

O mapa de campo térmico auxilia a verificar o desenho da ICU na área de estudo. A ICU é uma anomalia térmica caracterizada por um aumento de temperatura e redução relativa da umidade em certas áreas quando comparadas com outras. As áreas das cidades são caracterizadas por maiores temperaturas quando comparadas com as áreas rurais. Vários fatores contribuem para esse fenômeno,

como a ausência ou baixa quantidade de vegetação nos centros urbanos e a impermeabilização do solo (Lombardo, 1985).

As diferentes atividades antrópicas nos espaços abertos como praças, ruas e especialmente nos espaços fechados como casas e indústrias, na somatória formam as configurações da malha urbana que contribuem para variações climáticas, como alterações na umidade, vento e temperatura, ressaltando a formação da ICU, que modifica o clima local, percebendo seu maior desenvolvimento no início da noite (Jesus, 2015).

A dinâmica da paisagem e a ocorrência da ICU variam em cada subprefeitura do município de São Paulo. Assim, o clima local é influenciado pela heterogeneidade da topografia com as diferenças de uso e ocupação do solo de cada subprefeitura que interferem nos equilíbrios de energia da superfície, água e dinâmica da paisagem. A ICU é alterada pelas condições meteorológicas locais, considerando a intensidade e velocidade do vento dominante, cobertura de nuvens, humidade relativa, e pressão (Oke et. al., 2017).

O NDVI propicia o monitoramento da vegetação em larga escala, sendo que fatores como nuvens, água e neve possuem valores negativos (reflectâncias menores no infravermelho do que no visível). Já as rochas e solos expostos possuem valores bem próximos à zero, o que facilita a análise dos resultados (reflectâncias similares no infravermelho e no visível). Dessa forma, os maiores valores associados no NDVI estão ligados à maior densidade de vigor vegetativo (Holben, 1986).

As informações espectrais contêm informações das áreas vegetadas e não vegetadas, nas quais torna-se importante o uso do NDVI, sobretudo nos estudos relacionados à cobertura do solo e degradação da terra (Liu, 2007).

Considerando a simplicidade e alta sensibilidade do NDVI sobre a avaliação da densidade de cobertura vegetal, faz-se possível o monitoramento da vegetação em escala global, no qual este índice é essencial como indicador biofísico para os estudos de avaliação e

monitoramento sazonal e interanual da degradação do ambiente (Lopes et al. 2010b).

3.3 Zonas climáticas locais

O estudo analisou as LCZ representando a escala local e sua zona climática. Como proposto por Oke (2004), as zonas climáticas obtêm a cobertura uniforme das regiões de superfície, abrangendo uma área que pode ir de metros a vários quilômetros na escala horizontal. Tendo cada LCZ um comportamento próprio relacionado à temperatura e as superfícies terrestres.

As LCZ foram desenvolvidas por Stewart e Oke (2012), visando aliar os métodos das diferentes tipologias do uso da terra em estudo da ICU e a fim de expandir o estudo da ICU, considerando que o satélite captura a Ilha de Calor Urbana da Superfície para estudo da TST, com enfoque local ou em microescala das áreas, indo na contramão da abordagem tradicional de “urbano” e “rural”, mas sim nas características de uso da terra e clima urbano próprio da região.

Segundo Duarte (2000), o uso e ocupação da terra influencia o microclima urbano, no qual pode-se afirmar que os espaços urbanizados são uma das causas de criação de microclimas distintos ao clima regional, provocando casos cada vez mais comuns de desconforto térmico aos seres vivos, onde as áreas urbanas prevalecem superfícies escuras e com menos vegetação em relação ao seu entorno, colaborando para a formação da ICU.

Importante destacar o fenômeno da ICU aliada com outros fatores climáticos, como grandes precipitações que favorecem as inundações, poluição atmosférica e alteração nas amplitudes térmicas, incluindo sua relação com a dinâmica do uso e ocupação do solo e outras variáveis humanas, como habitação e saúde pública (Barros; Lombardo, 2016).

O trabalho verificou as tipologias urbanísticas do uso da terra de LCZ que interferem no clima urbano, nos diferentes tecidos

urbanos, no município de São Paulo como um todo e em detalhe nas subprefeituras da ZC e ZL, como volumetria dos prédios, e como podem ser melhor elaboradas visando melhor qualidade de vida para os habitantes.

Como destaca Voogt e Oke (2003) é essencial integrar os mapas de sensoriamento remoto com a análise quantitativa da superfície urbana para se obter melhor relação entre essas variáveis, sendo possível um estudo da parametrização de elementos da superfície urbana em uma menor escala para ser aplicada com mais detalhes.

Nesse modelo foram definidas classes de áreas urbanas e rurais em que características como cobertura da superfície, estrutura, materiais e atividades humanas seriam uniformes em termos de temperatura do ar em um determinado território que se estende em escala horizontal, considerando os efeitos climáticos da escala local.

Na ZC onde o marco é a subprefeitura da Sé com a origem de São Paulo, configura-se um dos maiores centros comerciais do país, onde ocorre o pico mais intenso da ICU nesta região do município de São Paulo (Jesus, 2011).

A região de concentração das camadas de mais alta renda em São Paulo é o seu Quadrante Sudoeste, onde se tem temperaturas menores do que a ZC e ZL da cidade. Isso ocorre porque na região tem mais IV, como parques e arborização quando comparado ao restante da cidade. Também pode-se observar que as temperaturas mais baixas de São Paulo ocorrem na região serrana da Zona Norte (ZN) (Parque da Cantareira e no extremo Sul do município) (Villaça, 2011). Ressaltando, assim a relação do uso da terra urbano com o clima urbano no Quadrante Sudoeste, como destacado na Figura 4, abaixo.



Figura 4 - Distritos que compõem o Quadrante Sudoeste do município de São Paulo - SP

Fonte: Villaça (2005). Adaptado por Ligia Pinheiro, Funari (2016)

Faz-se necessário este cuidado com o uso da terra para aplicação da arborização, como bem natural onde há disputa do

poder econômico e político, mal planejamento da implantação arbórea, deixando sucessível a pragas e doenças, danos de construção civil e redes elétricas ou pela irresponsabilidade da população em não valorizar este bem. Estes problemas são agravados com a falta de responsabilidade administrativa e planejamento do poder público (Silva et al. 2022).

Deve-se avaliar a temperatura e superfície da região da área estudada a fim de buscar soluções para seu planejamento e implantação de árvores. Também é importante o albedo dos materiais presentes nos diversos usos da terra, desde os materiais das edificações até as superfícies terrestres. O albedo é o índice de reflexão da radiação solar dos materiais que compõem a superfície (Serrato et al. 2002).

Os diferentes materiais da malha urbana interferem diretamente no albedo. Sendo que o uso e ocupação da terra com sua diversidade de materiais terá determinada reflectividade, ou seja, o albedo, de forma que seu índice determina a absorção da superfície, e quanto maior o albedo, mais radiação será absorvida e mais calor emitido pela superfície (Moreira; Nóbrega, 2011).

Segue-se as propriedades radiativas dos materiais dos diferentes usos da terra dos materiais urbanos (APÊNDICE A. Uso da terra florestal e rural e seus albedos) e materiais florestais e rurais (APÊNDICE B. Uso da terra urbano e seus albedos) (Oke, 1987). Dito isso, é importante avaliar o nível urbano de cada área de estudo, para assim verificar diferentes estratégias para amenizar a exposição nos impactos e enfrentar as vulnerabilidades e melhoras da cidade (Carmin, Anguelovski, Roberts, 2012; Mcevoy, Fünfgeld, Bosomworth, 2013).

3.4 Análise estatística

Foi realizada a análise estatística Kappa nos mapas da acurácia da classificação de uso e ocupação da terra. A estatística Kappa é muito utilizada em sensoriamento remoto para visualizar a realidade do terreno no mapa, com o auxílio do auditor que é obtido

pela análise das imagens aéreas multiespectrais e se necessário, trabalho de campo nas áreas mapeadas (Polizel, 2009).

No programa R, foi realizada uma análise bidimensional do município de São Paulo - SP e foram correlacionados os dados estatísticos das médias de temperatura com as médias de NDVI para o ano de 2020, 2022 e 2023, e no caso da ZC e ZL foram analisados os anos de 2022 e 2023. A análise bidimensional, que é realizada quando há duas variáveis qualitativas ou quantitativas, neste caso são variáveis quantitativas, a temperatura e o índice de vegetação que foram relacionados, pela análise de correlação simples e pela correlação linear de Pearson, gerando os gráficos com a linha de tendência e o modelo linear com base nos dados obtidos pelos mapas.

Também para as mesmas áreas e mesmo período foram realizadas as análises de boxplot, a fim de verificar a amplitude da temperatura e do NDVI no período de seca e de chuva.

O programa R, é um *software* estatístico que se utiliza de ambiente computacional para desenvolver manipulação, análise e representação gráfica de dados baseado em linguagem de programação orientada por objetos e que disponibiliza uma grande variedade de métodos estatísticos (R, 2010).

Pode-se destacar a importância dessas análises estatísticas aplicadas para o estudo da variabilidade climática em áreas urbanas, nos estudos socioambientais visando o planejamento sustentável.

3.5 Levantamento da infraestrutura verde

Nos espaços livres encontra-se a IV que propõe associar questões ambientais às questões sociais, devido à criação de convívio de espaços permanentes, com o uso de geotecnologias como metodologia de planejamento ambiental urbano (Pellegrino et al., 2006).

Segundo Ahern (2009) e Herzog (2010), a importância de planejar uma IV é que esta integra a natureza na cidade, buscando a sustentabilidade. Além de contribuir para a diminuição dos

impactos ambientais como problemas causados pelas alterações climáticas que incluem chuvas mais intensas e frequentes, aumento das temperaturas (ilhas de calor), desertificação e perda de biodiversidade.

Os princípios da IV incluem conectividade e contexto da paisagem, embasamento científico do planejamento do uso do solo, apresentação de uma organização espacial para conservação e desenvolvimento. A IV concilia os processos naturais para solucionar os problemas ambientais urbanos, como drenagem urbana visando à melhoria da qualidade ambiental das cidades. Sua tipologia inclui o sistema verde (biomassa) com o sistema azul (circulação de água) adaptadas ao espaço antropizado (Benini, 2015).

Assim, a IV em áreas urbanas é uma forma de mitigar as mudanças climáticas em seu ambiente urbano. Esta pode ser representada por paredes verdes, telhados verdes, parques, gramados e até as águas, como solução para reduzir a ilha de calor urbana em suas várias escalas (Li et al. 2020).

Neste trabalho o levantamento e mapeamento da IV teve enfoque na arborização urbana. A IV na forma de arborização urbana proporciona diversos serviços ambientais como diminuição da poluição atmosférica e sonora, diminuição de danos no asfalto por aquecimento e diminuição da amplitude térmica, além de fornecer sombra, abrigo e alimento para a fauna e equilíbrio estético entre escala humana e construção civil e proporciona melhoria na saúde (Silva Filho; Tosetti, 2010).

No âmbito da IV, fez-se o levantamento com base no GeoSampa transportado no QGIS, a quantificação da arborização urbana presente no sistema viário do município de São Paulo, onde verifica-se 657 mil pontos de árvores. A partir disto foi realizado o mapa com limite das 32 subprefeituras do município de São Paulo – SP e uma tabela quantitativa sobre as árvores presentes em cada subprefeitura a fim de visualizar a distribuição arbórea no município e buscar a SbN, conforme mostram a Figura 5 e a Tabela 1 abaixo.

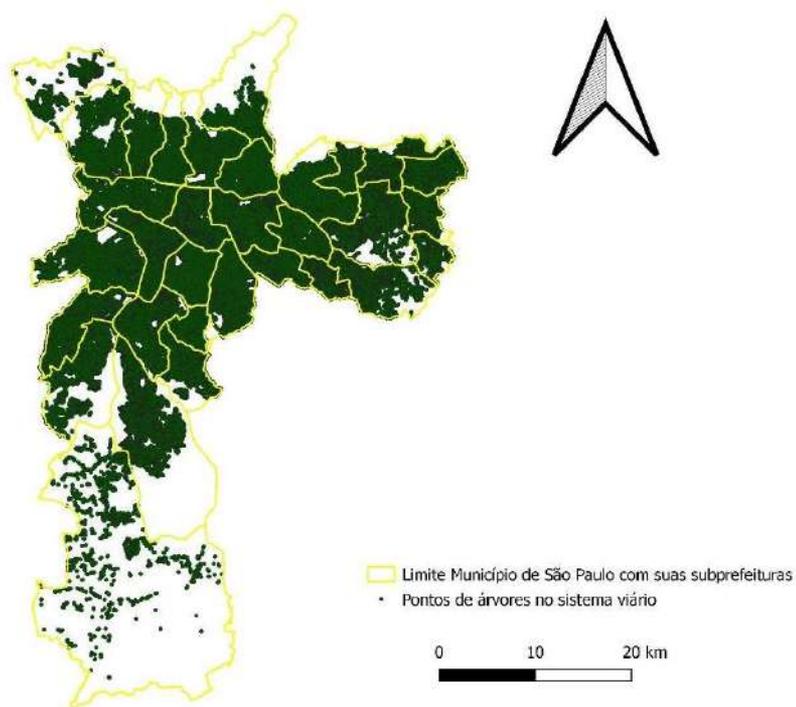


Figura 5 - Divisão das subprefeituras do município de São Paulo - SP e pontos da arborização viária

Fonte: Geosampa (2013), elaborada pela autora, 2022

Tabela 1 – Quantificação da arborização viária por subprefeitura

SUBPREFEITURAS	NÚMERO DE ÁRVORES
Aricanduva-Formosa-Carrão	14.231
Butantã	49.216
Campo Limpo	26.477
Capela Do Socorro	36.477
Casa Verde-Cachoeirinha	15.804
Cidade Ademar	16.089
Cidade Tiradentes	3.520
Ermelino Matarazzo	11.787

SUBPREFEITURAS	NÚMERO DE ÁRVORES
Freguesia-Brasilândia	11.785
Guaianases	7.872
Ipiranga	28.817
Itaim Paulista	9.784
Itaquera	25.526
Jabaquara	8.721
Jaçanã-Tremembé	10.764
Lapa	26.753
M'boi Mirim	15.703
Mooca	20.171
Parelheiros	5.481
Penha	24.311
Perus	9.526
Pinheiros	49.950
Pirituba-Jaraguá	26.960
Santana-Tucuruvi	21.228
Santo Amaro	39.466
São Mateus	23.367
São Miguel	14.910
Sapopemba	8.323
Sé	22.573
Vila Maria-Vila Guilherme	20.370
Vila Mariana	32.672
Vila Prudente	13.753

Fonte: Geosampa (2013), elaborada pela autora, 2022

Verifica-se que a arborização viária é mal distribuída no município de São Paulo. As maiores concentrações (mais de 40.000 pontos de árvores nas vias) ocorrem nas subprefeituras Pinheiros e

Butantã; em seguida mais de 30.000 pontos e menos de 40.000 pontos de árvores nas vias, ocorrem nas subprefeituras Santo Amaro, Capela do Socorro e Vila Mariana. No valor entre mais de 20.000 pontos e menos de 30000 pontos de árvores nas vias, estão as subprefeituras de Ipiranga, Lapa, Campo Limpo, Pirituba – Jaraguá, Sé e Vila Maria-Vila Guilherme. Em seguida obtém-se os valores de mais de 10.000 e menos de 20.000 pontos de árvores nas vias, nas subprefeituras de Cidade Ademar, Casa Verde – Cachoeirinha, M'Boi Mirim, São Miguel, Aricanduva – Formosa – Carrão e Vila Prudente. E por último com menor concentração de arborização viária, com os valores de menos de 10.000 pontos de árvores nas vias, se encontraram as subprefeituras de Perus, Itaim Paulista, Jabaquara, Sapopemba, Parelheiros e Cidade Tiradentes.

No tocante por zonas leste, central, oeste, norte e sul, obteve-se os valores da área de extensão, total de arborização urbana das vias e a quantidade de habitantes por área, de cada zona. Na ZL, onde há 11 subprefeituras de Cidade Tiradentes, Engenheiro Goulart, Guaianases, Iguatemi, Itaquera, José Bonifácio, Mooca, Parque São Rafael, Penha, Vila Curuçá, Vila Prudente e Vila Ré, a área total é de 380,7 km², com 177.555 pontos de árvores com aproximadamente 3 milhões e 812 mil pessoas, 34,9% do total (Nexo Jornal, 2024).

Na ZC, com a única Subprefeitura da Sé, onde possui diversos bairros como Bela Vista, Bom Retiro, Cambuci, Consolação, Liberdade, República, Sé e Santa Cecília, possui área total de 8 km² e com 22.573 pontos de árvore com uma população de 462,036 mil pessoas (SEADE, 2022)

As árvores são elementos essenciais nas SbN, pois promovem simultaneamente qualidade de vida e biodiversidade, ao mesmo tempo em que prestam serviços ecossistêmicos de mitigação e de adaptação nas cidades (Maruyama; Fruehauf; Lombardo, 2022).

Verifica-se que o uso da IV é uma forma de arrefecimento do clima, pois as plantas fixam o dióxido de carbono ajudando a proteger o clima de forma direta e indiretamente, fornece sombra aos edifícios e arredores através da evaporação da água, reduzindo

a carga térmica, e assim diminuindo a necessidade do gasto energético com resfriadores nos edifícios. Além do que, as sombras provenientes das árvores combatem a ICU e aumentam a qualidade ambiental de vida dos habitantes. E, também em caso de chuva intensa, os espaços verdes ajudam a absorvem a água pelas copas e pelo substrato, evitando as inundações (Pauleit, 2021).

Segundo Frischenbruder e Pellegrino (2006), deve-se refletir sobre a infraestrutura verde na paisagem de uma forma ativa, como um protagonista vivo capaz de melhorar as condições ambientais. Tendo os planejadores e designers um papel importante no pensar em projetos de paisagens que melhorem as condições das cidades.

As árvores alteram o conforto térmico nas cidades contribuindo para diminuir a incidência de luz em mais de 90%, diminuindo a temperatura e a luz direta sobre quem caminha ou se exercita sob elas (Martini, 2013). A arborização urbana conduz à transformação morfológica de diferentes formas no espaço urbano podendo ser uma transformação dos espaços com o paisagismo, e também reduz níveis de poluição atmosférica e sonora, criando espaços e marcos na cidade. Assim, deve-se analisar o papel da arborização urbana para aproveitar espaços livres, melhorando a qualidade do meio ambiente (Bonametti, 2020).

Destaca-se que para mitigar a ICU, a média de vegetação arbórea deve ser 30% da área total da cidade (Lombardo, 1985). Segundo Oke (1973), um índice de faixa de 30% de arborização seria ideal para o balanço térmico, e conforme destaca Testa et al. (2022), um índice inferior a 5% seria como regiões áridas em termos climáticos.

Assim, segundo Testa et al. (2022), a partir de modelos matemáticos onde foi quantificada a porcentagem ideal da cobertura verde dos municípios de acordo com sua população verificou-se que o recomendado poderia atingir uma cobertura arbórea de 40%, para maior eficiência na redução da temperatura, proporcionando um balanço térmico ideal em áreas urbanas do Brasil sem levar em consideração a população da cidade.

Dessa forma, nesse trabalho foi especificado a porcentagem da IV com ênfase na cobertura arbórea que haja no mínimo 30% para todo o município de São Paulo e buscou-se esse percentual com a participação integrativa na metodologia do Geodesign, especificando soluções pontuais para essa ampliação na ZC e ZL do município.

Segundo o estudo de Amaral (2023), a efetivação da implantação da IV é levantada no método de Geodesign, onde o planejamento é obtido com suporte de camadas de informação da pesquisa, com diversos especialistas de planejamento urbano e ambiental e saberes multidisciplinares, com discussão e análises da paisagem a ser estudada.

3.6 Aplicação do Geodesign no planejamento urbano

O Geodesign é baseado e formado por um conjunto de questões e métodos necessários para resolver grandes, complicados e significativos problemas de *design* em diversas escalas geográficas, variando de um bairro para uma cidade, uma paisagem ou bacia hidrográfica. Sendo assim o uso do SIG e da análise integrada da paisagem podem resolver problemas de projeto espacial em qualquer forma e em qualquer tecnologia (Steinitz, 2012).

Segundo Moura et al. (2020), o Geodesign abrange um conjunto de novas metodologias, procedimentos, colaborações e tecnologias, sendo uma interessante base metodológica para guiar um *workshop* composto pela população do local, profissionais da administração pública e da academia. Tem o objetivo de transformar a paisagem de estudo com respeito à cultura e natureza.

No âmbito do Geodesign, este trabalho utiliza a plataforma GISColab, elaborada com o objetivo de favorecer o planejamento compartilhado através da co-criação de infraestruturas espaciais, a partir de protocolos estabelecidos pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC) para consumo de informação via *Web Map Service* (WMS) ou *Web*

Feature Service (WFS), permitindo em ambos os casos o incremento de desempenhos por Web Processing Service (WPS) (Moura et. al. 2021).

Destaca-se que o foco do Geodesign e da plataforma Giscolab é permitir que os municípios, importante autores e habitantes possam participar do planejamento público, social, político, econômico e cultural das políticas e ações (De Oliveira; Carvalhos; Medeiros, 2021). Assim, o SIG aliado com o Geodesign, é considerado uma união para suporte de planejamento da paisagem visando dar suporte a decisões (Slotterback et al., 2016).

Para elaboração do planejamento urbano com o Geodesign, deve-se ter participação social e técnica, a fim de elaborar soluções para conflitos urbanos de forma planejada e ativa. Neste trabalho, uma equipe de stakeholders analisou o município de São Paulo e propôs mudanças inteligentes na paisagem.

Baseada na proposta de Steinitz (2012), esta pesquisa visou atender às perguntas na forma de *framework* visando ser uma colaboração necessária no planejamento urbano. Para isso foi criado o próprio *framework* para o *workshop* conforme Figura 6, abaixo.



Figura 6 - Os agentes e o *framework* para o Geodesign
Fonte: Steinitz (2012)

A realização do Geodesign foi feita a partir de um workshop, respondendo o *framework*, em que foi feito em grupo, criado por uma equipe multidisciplinar, composta por arquitetos, engenheiro florestais e ambientais, ecólogos, geógrafos, biólogos, matemáticos, entre outras áreas que abrangem o interesse no estudo de Geodesign, bem como por participantes moradores, que contribuem com inputs do estudo.

O *workshop* foi realizado seguindo o *framework* de Steinitz (2017), com a participação dos diversos autores, a fim de obter a resolução de conflitos conforme Figura 7, abaixo.



Figura 7 - Autores participantes do Geodesign proposto
Fonte: A autora, 2023

Criado para pensar em três eixos (ambiental, mobilidade e de clima) e foi desenvolvido em três partes. O *framework* obtido foi adaptado pela autora nesta tese, conforme mostra a Figura 8, abaixo.

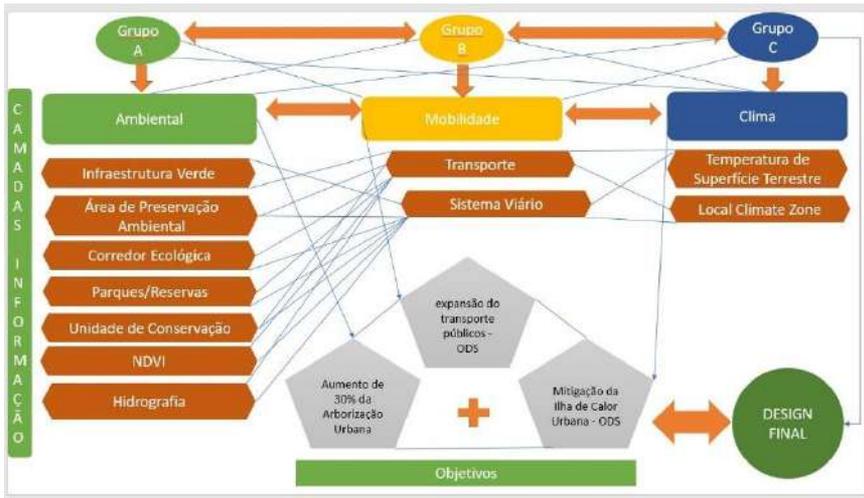


Figura 8 - Framework do Geodesign proposto

Fonte: A autora, 2023.

A primeira parte tratou sobre o enriquecimento da leitura onde buscou-se a leituras dos mapas em análise para compreender a área de estudo e o objetivo. Assim, foram discutidas bases teóricas sobre a área de estudo, sendo todo o município de São Paulo, buscando ideias inovadoras, como ampliar essa IV em 30% de aumento da arborização urbana em conformidade com a infraestrutura cinza e azul existente na cidade e consequentemente colaborar para a melhora da qualidade de vida dos habitantes.

Na segunda parte, buscou-se responder sobre a metodologia, tendo um conjunto de métodos de validade para o processo e que possivelmente pudesse trabalhar com decisões complexas, buscando a integração de todos os participantes do projeto. O grupo composto por 36 integrantes foi dividido em 3 grupos, sendo que cada grupo trabalho foi dividido segundo os eixos propostos (ambiental, mobilidade e clima) e seus 19 parâmetros. Em seguida, na dinâmica houve uma “ciranda” para que todos integrantes pudessem avaliar os 3 eixos a fim de colaborar para trazer uma SbN para as áreas. Os dados foram analisados de acordo com a tabela de todos os parâmetros listados na Tabela 2.

Tabela 2 - Os três eixos e parâmetros utilizados no Geodesign

Ambiente		Mobilidade		Clima
Infraestrutura Verde	Infraestrutura Azul	Transporte	Sistema Viário	TST
Área de Preservação Ambiental (APA)	Área inundável	Área de influência do metro	Calçada	LCZ
Corredor Ecológico	Hidro drenagem	Bicicletário	Departamento de tráfego	
Parque: Estadual, Municipal e outras secretarias	Hidrolinha	Corredor de ônibus	Zona Azul	
Reserva: Particular Natural, Mata Atlântica	Mananciais	Vaga	Iluminação	
NDVI				

Fonte: A autora, 2023

Sendo que o caso do “parâmetro ambiental” foi proposto o aumento de no mínimo 30% a 40% de cobertura arbórea, seguindo as indicações de Testa et. al. (2022) para arborização urbana. Já em Mobilidade e Clima visou-se atender os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Na última etapa do workshop, houve uma votação para verificar quais contribuições seriam aprovadas, reprovadas ou entrariam para discussão, sendo essa etapa final necessária para se obter o *design* final.

No âmbito ambiental destacou-se, que a IV no planejamento ambiental compreende uma rede interconectada de áreas verdes naturais e espaços abertos, que conservam valores e funções ecológicas, sustentam o ar e a água limpos, além de proporcionarem ampla variedade de benefícios para as pessoas e para a vida selvagem (Franco, 2010). Dessa forma, foi proposto atingir um aumento de 30% da arborização urbana no município de São Paulo,

pensando nas métricas de manter, criar, ampliar e recuperar as áreas verdes do município.

Na mobilidade e climático, atendendo aos ODS deveria se atender à sustentabilidade, como pensar no transporte público e mitigação da ICU. A ODS está pautada em 17 objetivos, como mostra a Figura 9 abaixo.



Figura 9 - Os 17 ODS
Fonte: ONU, 2015

Neste trabalho enfoque foi dado no objetivo 11, atingir “Cidades e Comunidades Sustentáveis” de forma a tornar as cidades e habitações inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, visando nesse aspecto a mobilidade até 2030, proporcionar o acesso de transporte seguro para toda a população, atendendo em vulnerabilidade, pensando na expansão do transporte público e no aspecto clima, visando na escala do município de São Paulo a mitigação da ICU para assim pensar na adaptação às mudanças climáticas e resiliência urbana (ONU, 2015).

Os ODS podem ser representadas como instrumento da SbN e vêm sendo difundidos como conservação e manejo da biodiversidade (Faivre et al., 2017). Sendo a inovação a aplicação das SbN no enfoque urbano como adaptação às mudanças climáticas, porém sua implementação ainda é fragmentada, devendo ser incentivada para

disseminação e conhecimento de iniciativas que priorizem a natureza na intervenção urbana (Fraga, 2020).

Assim, o Geodesign, irá buscar entender a área de estudo e definir uma metodologia que não se apresenta de uma forma linear e sem ligação entre os eixos. A fim de executar o estudo com a participação de agentes de diversas áreas de conhecimento, incluindo moradores do local, onde, através dos resultados obtidos para a área delimitada busca-se a resolução de conflitos, obtendo uma proposta de solução visando o impacto para mudanças futuras.

Neste sentido, o técnico com seus conhecimentos indica os riscos, vulnerabilidades, restrições e potencialidades levando em conta os aspectos sociais e culturais, a fim de detalhar a proposta de mudanças na área de estudo considerando a participação da sociedade. Assim, os desafios contemporâneos serão trabalhados nesta pesquisa a partir do Geodesign e são explicados nas diferentes escalas conforme Steinitz (2017), como mostra a Figura 10, abaixo.



Figura 10 - As escalas de Planejamento e o papel do Geodesign
 Fonte: Steinitz (2017) adaptado por Moura (2019)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Mapas no Sistema de Informação Geográfica

Os mapas da área de estudo (Uso e Ocupação da Terra, NDVI e TST) abrangeram a estação úmida (março e abril) e a estação seca (agosto) de 2020 a fim de verificar a dinâmica da paisagem nesses períodos, tendo sido elaborados no SIG com o uso do *software* QGIS. Também foi realizado o mapeamento do ano de 2022 no QGIS, para verificar a mudança na paisagem nos âmbitos de Uso e Ocupação da Terra, NDVI e TST, na estação úmida (abril) e estação seca (junho). Por fim, no ano de 2023 obteve-se os mesmos mapas na estação seca de junho e estação úmida de abril para NDVI e o mês de maio, no mês úmido para obter o TST.

4.1.1 Município de São Paulo

O mapa abaixo de uso e ocupação da terra de 2020 foi feito pelo satélite CBERS4A, com resolução de 5 metros. Foi realizada uma relação em porcentagem dos usos da terra do município de São Paulo como mostra a Figura 11, abaixo.

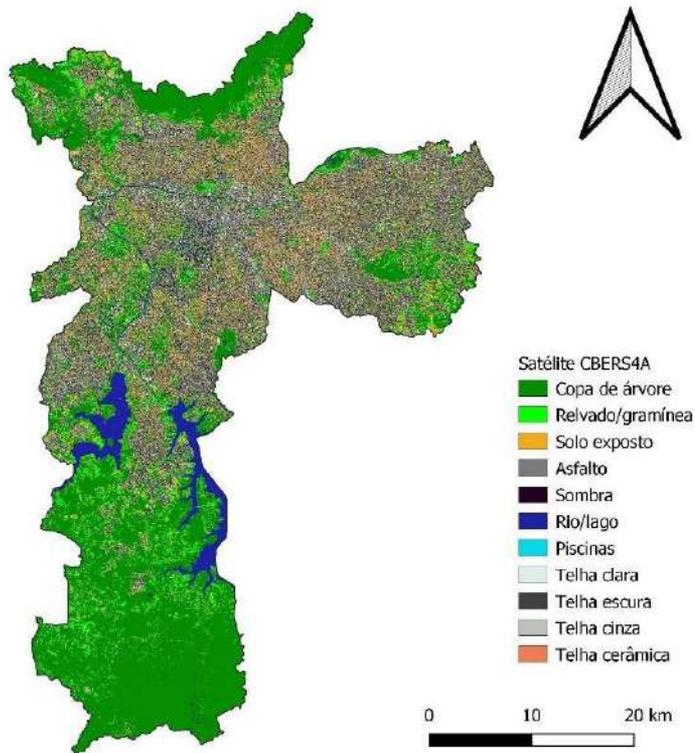


Figura 11 - Uso e Ocupação da Terra do ano de 2020 do município de São Paulo - SP
 Fonte: A autora, 2022

E como também é mostrado na tabela 3, abaixo sobre o uso e ocupação da terra no ano de 2020 para o município de São Paulo - SP.

Tabela 3 - Uso e Ocupação da Terra do ano de 2020

CLASSES	PORCENTAGEM (%)
Copa de árvore	36,7
Relvado/gramínea	7,7
Solo exposto	9,5
Asfalto	12,8
Sombra	1,7
Rio/Lago	5,7

CLASSES	PORCENTAGEM (%)
Piscina	0,5
Telha clara	3,74
Telha escura	13,45
Telha cinza	5,7
Telha cerâmica	2,6

Fonte: A autora, 2022

Foram realizadas 200 a 300 amostras de cada classe no QGIS, com a ferramenta de polígono para obter a porcentagem de cada classe para os anos de 2020, 2022 e 2023. A classe “copa de árvore” corresponde a 36,7% da área total, sendo que as maiores concentrações ocorrem no extremo sul inserida na subprefeitura de Parelheiros e na parte montanhosa no Norte inserida nas subprefeituras de Perus e Jaçanã/Tremembé; no Leste se destaca a subprefeitura de São Mateus, na área Oeste algumas manchas de arborização ocorrem na subprefeitura do Butantã, Lapa, Pinheiros e também na subprefeitura M’Boi Mirim bem como nas proximidades da represa Guarapiranga, na área sudoeste. No caso do relvado e gramínea (7,7%), encontram-se distribuídos por toda a área, mas com pouca representação.

As classes “solo exposto” (9,5%) e “asfalto” (12,8%) apresentam uma distribuição por toda a área urbana, onde se caracterizam pela alta taxa de impermeabilização do solo. A área construída corresponde a 27,19% (sombra, telha clara, telha escura, telha cinza e telha cerâmica) do total. Demonstra alto índice de urbanização com uma forma de domo, sendo que os maiores índices de área construída ocorrem no centro da cidade em direção a periferia. A verticalização intensa ocorre também na área central e se distribui para os arredores.

Na análise da classificação de Kappa obtida para este mapa de uso e ocupação da terra, o valor encontrado foi de 96,96% e apresentou-se uma classificação com alta acurácia. Segundo Landis e Koch (1977), o valor da estatística Kappa indica a acurácia da

classificação, sendo que variando de 80% a 100%, a classificação é excelente.

O mapa de NDVI realça o comportamento da vegetação no dia 19 de agosto de 2020 no mês seco com a imagem Landsat 8, com resolução de 15 metros, conforme Figura 12 abaixo.

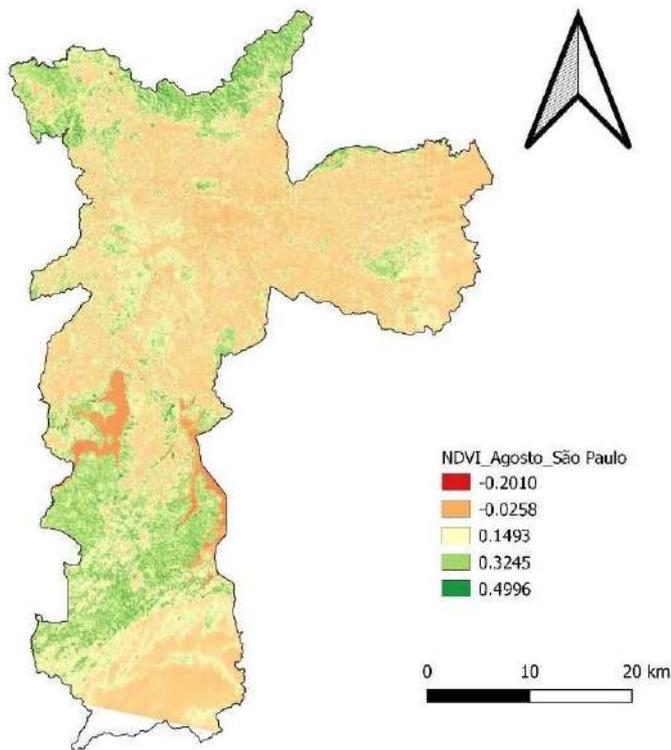


Figura 12 - O mapa de NDVI do mês seco do município de São Paulo - SP, de 2020
Fonte: A autora, 2022

Enquanto para o mês úmido o mapa de NDVI realça o comportamento da vegetação no dia 9 de abril de 2020 com a imagem Landsat 8, com resolução de 15 metros, conforme Figura 13 abaixo.

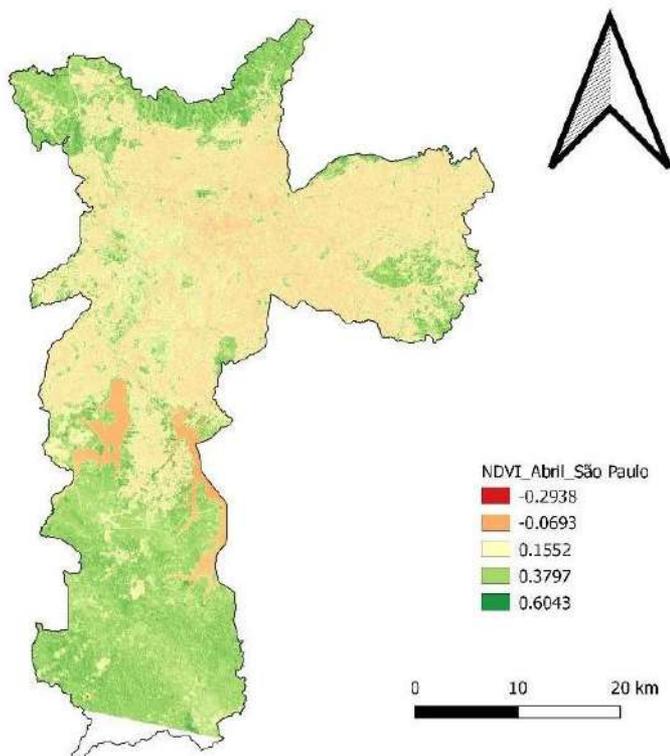


Figura 13 - O mapa de NDVI do mês úmido do município de São Paulo - SP, de 2020

Fonte: A autora, 2022

O índice de NDVI varia de -1 a +1, sendo que os valores mais próximos de -1 a vegetação é menor e os valores mais próximos de +1, a vegetação é mais densa, o que também reflete sua saúde e vigor.

Na escala do NDVI valores (i) próximos a -1 indicam a presença de água ou neve, (ii) valores próximos a 0 indicam uma área sem vegetação, (iii) valores entre 0 e 0,3 indicam vegetação escassa ou com baixa densidade, (iv) valores entre 0,3 e 0,6 indicam vegetação moderada, e (v) valores acima de 0,6 indicam vegetação densa e saudável. Esta escala, distingue os diferentes níveis de vegetação com base na quantidade de luz refletida pelas plantas em diferentes

comprimentos de onda do espectro eletromagnético, especialmente na região do infravermelho próximo.

Sendo assim, a medida que a intensidade da cobertura vegetal e do verde aumentam o valor do NDVI também aumenta, tendo os maiores valores de NDVI associados com a vegetação vigorosa (Lira et al., 2009; Silva et al. 2007), visto que a vegetação tende a refletir os dois comprimentos de onda do espectro eletromagnético: Infravermelho próximo (0,725-1,1 μm) e Vermelho (0,58-0,68 μm) de forma diferenciada a cada condição fisiológica da planta (Rouse et al., 1973, Crusiol et al. 2012).

O NDVI se destaca por ser um dos indicadores mais importante para análise da cobertura de vegetação em diferentes períodos com o uso de sensoriamento remoto. Sua vantagem é que permite a mudança temporal do monitoramento, como verificar o estágio de crescimento de vegetação, mudança do uso da terra causado por atividades antrópicas e seu desenvolvimento (Barros; Farias; Marinho, 2020).

Como citam Lourenço e Landim (2004), a vegetação em ampla escala é onde é indicado comumente para visão da cobertura de vegetação com o NDVI, pois compensa relativamente a diferença nas condições de iluminação, inclinação da superfície terrestre e aspectos do sensor em função da ampla largura órbita (2.700 km). Em termos dos valores que podem ser adotados no NDVI, obtêm-se os valores negativos quando se abrange água e neve que têm reflectâncias maiores no visível do que no infravermelho. O índice de vegetação próximo a 0 inclui rochas e solos expostos, que têm reflectâncias similares nestas duas bandas. E os valores que podem atingir até 1 são associados com o máximo de cobertura vegetal, sendo que a variação entre 0,1 a 0,6 já apresenta valores mais altos, associados com maior vigor e densidade de cobertura vegetal.

Verifica-se a partir dos mapas de NDVI, a distribuição da vegetação na área de estudo nos dois períodos de análise. No mês seco, observa-se devido ao déficit hídrico próprio do mês menos

exuberância na expressão da vegetação seja em vigor ou copa, obtendo assim o maior índice de 0,49 e o menor índice de - 0,2.

No caso do mês úmido, com a predominância e constância de chuvas, a vegetação e copa são mais expressivas e assim o maior índice de 0,60 e menor índice de - 0,29. Porém, nos dois meses demonstra-se desigualdade na distribuição da vegetação, pois há maiores índices no sul e no norte do município, e no seguinte há manchas de maiores índices, na Zona Oeste (ZO) da subprefeitura do Butantã, Lapa e Pinheiros. Na ZL, especificadamente na Subprefeitura de Itaquera e concentrado na área do Parque do Carmo, apresenta-se uma grande área verde na região que se contrapõe com os arredores altamente adensados de construção e sem espaço livre.

No Butantã, prevalecem os maiores índices de vegetação nos pontos que são a cidade Universitária - USP, no Jóquei Clube e Instituto Butantã. Já o distrito do Morumbi se destaca com alto índice de vegetação devido às características da população que detém alto poder aquisitivo, e assim foi realizado o planejamento maior com ênfase na arborização urbana (Fruehauf, 2020).

O Parque do Carmo se apresenta um dos fragmentos que existem na cidade de São Paulo, contendo manchas isoladas de vegetação que se encontram as Áreas de Proteção Ambiental (APA) do Parque e Fazenda do Carmo. Esses remanescentes contam com a presença da vegetação natural secundária de Mata Atlântica que antes ocupava grande parte do território paulista e que deu lugar a metrópole atual, e na tentativa de proteger esses ambientes foram criadas as Unidades de Conservação, como os Parques e APA (Oliveira, 2012).

Os mapas de TST do mês seco, do dia 19 de agosto estão localizados abaixo, conforme Figura 14, abaixo.

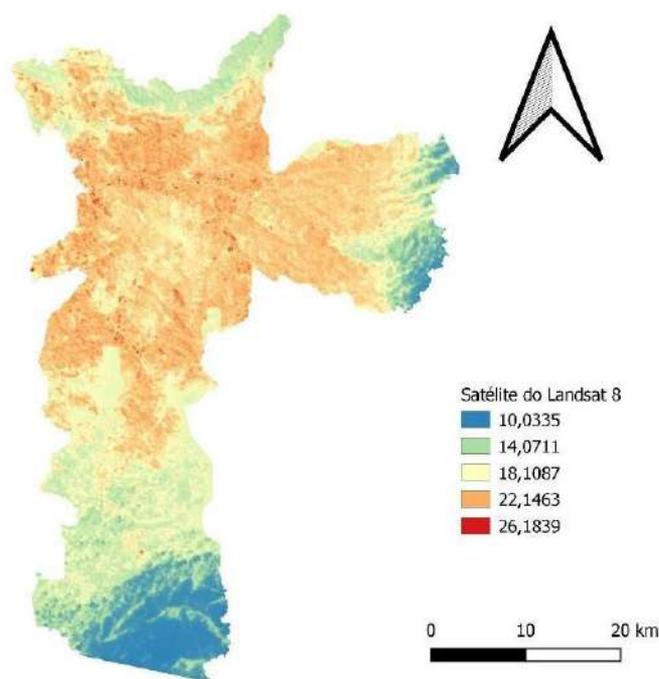


Figura 14 - O mapa de TST do mês seco do município de São Paulo - SP, de 2020
 Fonte: A autora, 2022

Na análise do mês seco (agosto), a ICU é acentuada em toda área construída. A temperatura máxima foi de 26,18°C e a mínima de 10,03°C, tendo uma variação de temperatura de superfície de 16,15°C.

Já no âmbito do mapa do mês úmido, com período de abrangência de janeiro a maio de 2020, caracterizado pelas altas temperaturas e ocorrência de chuvas. Observa-se a temperatura mínima de 5,03 °C e a máxima de 31,45 °C, tendo uma variação de temperatura de 26,42 °C. A Figura 15, abaixo, mostra uma grande intensidade da ICU, relacionada à densidade de urbanização. Os mapas de TST do mês úmido, do dia 27 de março.

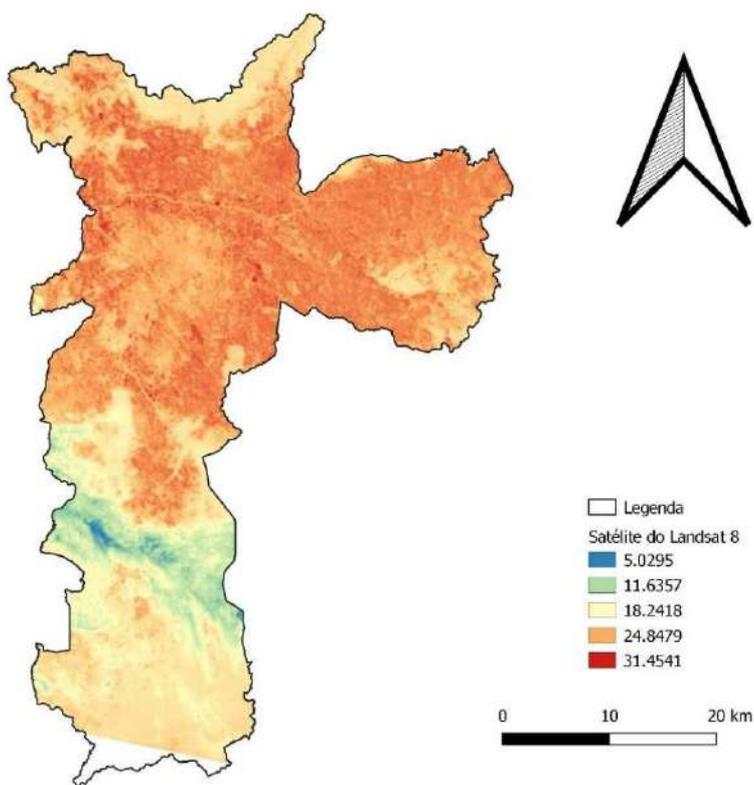


Figura 15 - O mapa de TST do mês úmido, do município de São Paulo - SP de 2020
 Fonte: A autora, 2022

Nas Figuras 14 e 15 localizadas acima observa-se a ocorrência da ICU, onde há uma elevação da temperatura de forma mais concentrada no centro das cidades, com expansão considerada na ZL e levemente na ZO

Assim, consta-se que a grande apropriação do uso da terra nos centros das cidades assim como sua expansão sem planejamento, resulta em uma paisagem urbana biologicamente estéril e esteticamente deprimente. Como alternativa, torna-se necessário compreender os processos naturais no contexto urbano, suas relações com o planejamento e desenho das cidades e busca por soluções (Lombardo, 1995).

Ressalta-se que a ICU é um fenômeno caracterizado pelas temperaturas mais quentes das regiões urbanas em comparação com os ambientes rurais em seu entorno (Roth, 2013).

Assim, ao analisar os diferentes padrões da radiatividade térmica dos materiais no uso e ocupação da terra, pode-se identificar onde se concentra maior acumulação e produção de calor relacionado a superfície urbana, o que resulta em uma TST mais elevada, no oposto, os locais com menor produção de calor, como áreas vegetadas, são exemplos de ilha de frescor (Silva Lopes et al, 2022).

O uso e ocupação da terra de 2022 pode ser observado conjuntamente ao índice Kappa no valor de 87,12%, conforme Figura 16, abaixo.

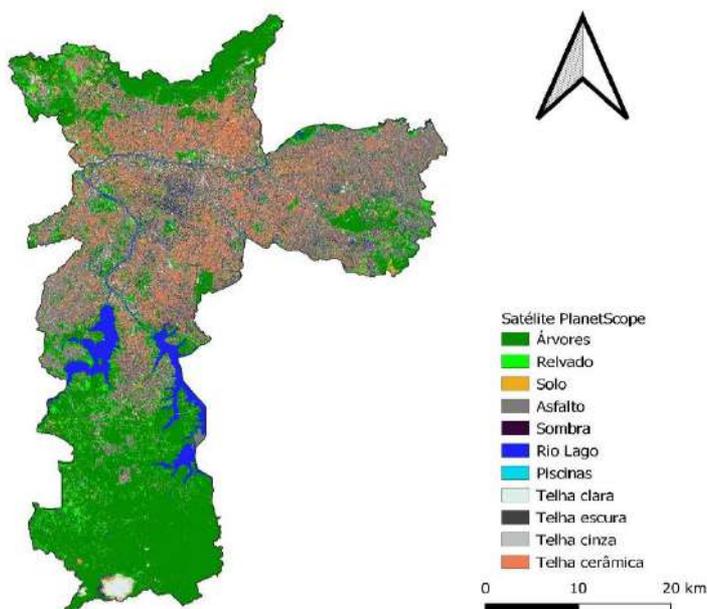


Figura 16 - O mapa de Uso e Ocupação da terra do Município de São Paulo - SP de 2022

Fonte: A autora, 2023

O uso e ocupação da terra de 2022 pode ser observado também com sua respectiva classificação e porcentagem dos seus usos, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 - Uso e Ocupação da Terra do ano de 2022

CLASSES	PORCENTAGEM (%)
Copa de árvore	36,22
Relvado/gramínea	5,03
Solo exposto	3,49
Asfalto	27,62
Sombra	0,04
Rio/Lago	0,06
Piscina	0,01
Telha clara	3,5
Telha escura	3,36
Telha cinza	1,36
Telha cerâmica	13

Fonte: A autora, 2022

No município de São Paulo a área arborizada corresponde a 36,2% da área total. Assim, maiores concentrações ocorrem no extremo sul, especificamente na Subprefeitura de Parelheiros e na parte montanhosa com destaque para a Serra da Cantareira; no norte, especificamente nas Subprefeituras de Perus e Jaçanã/Tremembé; no leste, especificamente na Subprefeitura São Mateus; no oeste com algumas manchas de arborização ocorrendo na Subprefeitura do Butantã, Lapa e Pinheiros e também na subprefeitura M'Boi Mirim; e sudoeste, mais especificamente nas proximidades da represa de Guarapiranga. No caso do relvado e gramínea (5,03%), encontra-se distribuído em menor área e com menor representação do que no ano de 2020, onde houve uma diminuição de 2,7% da área total.

O solo exposto (3,5%), apresentou uma expressiva diminuição de 6% o que indica o aumento da área construída na área e asfalto (27,6%), com um aumento de 14,8% mostra-se o aumento da área impermeável do solo. Na área construída obteve-se (21,26%) do total, não apresentando expansão, porém naquele momento o mercado imobiliário estava “se aquecendo” no período pós pandemia. Seguindo o modelo do ano de 2020 a verticalização intensa ocorre também na área central e se distribui para os arredores, com destaque na ZL.

Na análise da classificação obtida pelo índice Kappa para o mapa de uso e ocupação da terra do ano de 2022 foi de 87,12%, apresentou-se uma classificação de boa acurácia. A análise do mês seco, da data 30 de junho de 2022, obteve-se o NDVI realizado com base no *Landsat 8* com resolução de 15 metros, mostrado na Figura 17 abaixo.

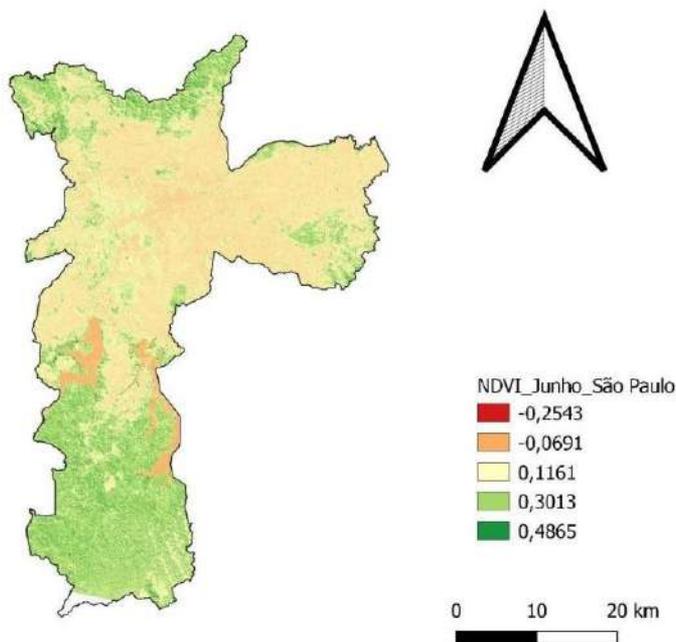


Figura 17 - O mapa de NDVI do mês seco do município de São Paulo - SP de 2022
Fonte: A autora, 2023

Observou-se que no NDVI do mês seco do ano de 2022 mostrado na Figura 17 acima, obteve-se o menor índice de -0,25 e o maior de 0,49, também decorrente deste período do ano. Porém percebe-se que os menores índices estão relacionados a maiores áreas urbanizadas da ZC e ZL, que carecem de vegetação e os maiores índices no extremo norte, Serra da Cantareira e extremo Sul do município.

A análise do mês úmido, do dia 30 de março de 2022, realizados com base no *Landsat 8* com resolução de 3 metros é mostrada abaixo, na Figura 18 abaixo.

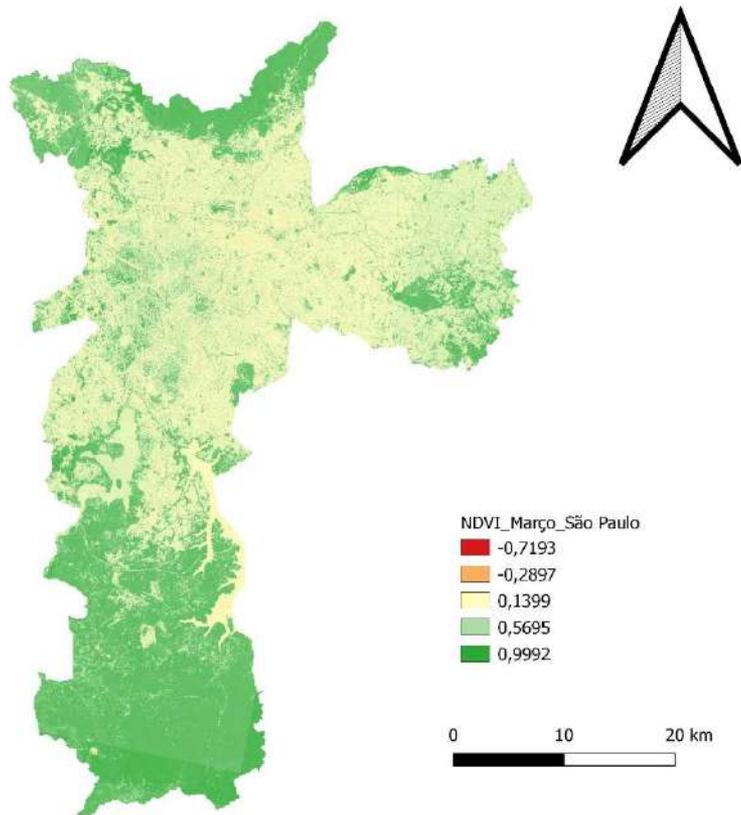


Figura 18 - O mapa de NDVI do mês úmido do município de São Paulo - SP de 2022

Fonte: A autora, 2023

No mês úmido obteve-se o menor índice (-0,71) e o maior índice (0,99) de NDVI. O NDVI, considerando o maior índice, esteve maior que o mês seco, devido ao mês úmido, a vegetação apresentar maior vigor (aumento de 0,51), com a mesma conformação da distribuição da vegetação e verificando ainda mais espalhamento dos menores índices. Posteriormente obteve-se os mapas de TST do mês seco, do dia 30 de junho de 2022, como mostra a Figura 19 abaixo.

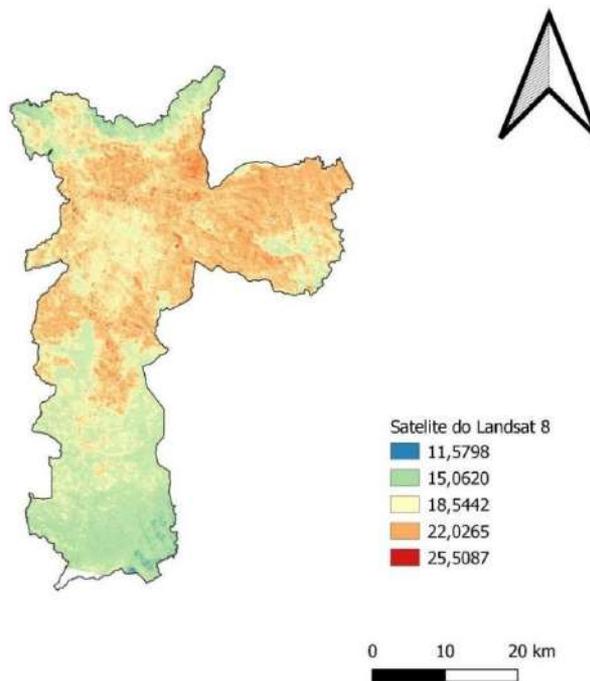


Figura 19 - O mapa de TST do mês seco, do município de São Paulo - SP de 2022
Fonte: A autora, 2023

E também se obteve o mapa de TST e do mês úmido, do dia 19 de abril de 2022 conforme mostra a Figura 20, abaixo.

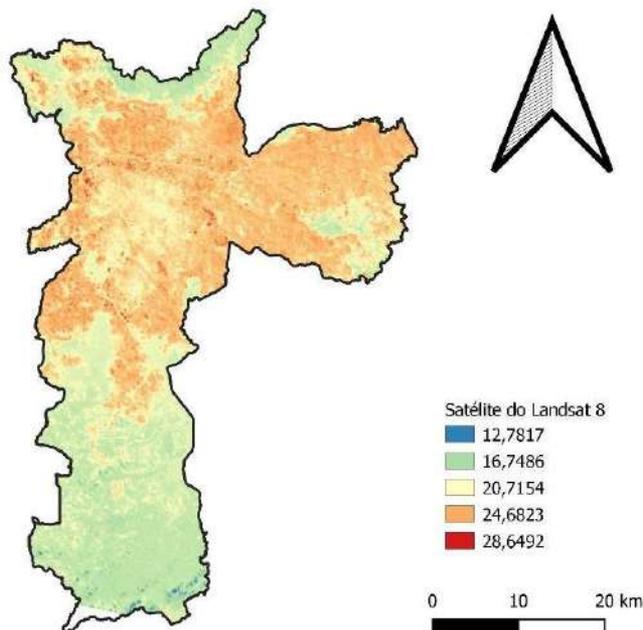


Figura 20 - O mapa de TST do mês úmido do município de São Paulo - SP, de 2022
Fonte: A autora, 2023.

Em relação ao campo térmico, no mês seco, verifica-se a menor temperatura (11,58 °C) e a maior temperatura (25,51 °C), com uma diferença de 13,93 °C. Demonstrando as maiores temperaturas na ZC e ZL, mas com grande espalhamento aos arredores urbanizados, comprovando vários focos de ICU. Apenas são verificadas menores temperaturas no extremo norte e extremo sul.

A imagem do mês úmido (19 de abril de 2022) evidencia que as maiores temperaturas (24,68 °C a 28,65 °C) estão relacionadas à concentração de áreas construídas, mostrando a nítida formação da ICU. As menores temperaturas (12,78 °C a 16,75 °C), estão relacionadas com a ocorrência de vegetação densa.

Também foram mapeados o uso e ocupação da terra de 2023 com imagem feita por meio do satélite *Planet* com resolução de 3 metros, onde obteve-se a classificação Kappa de 88,69%, podendo ser considerada como boa, conforme mostra a Figura 21 abaixo.

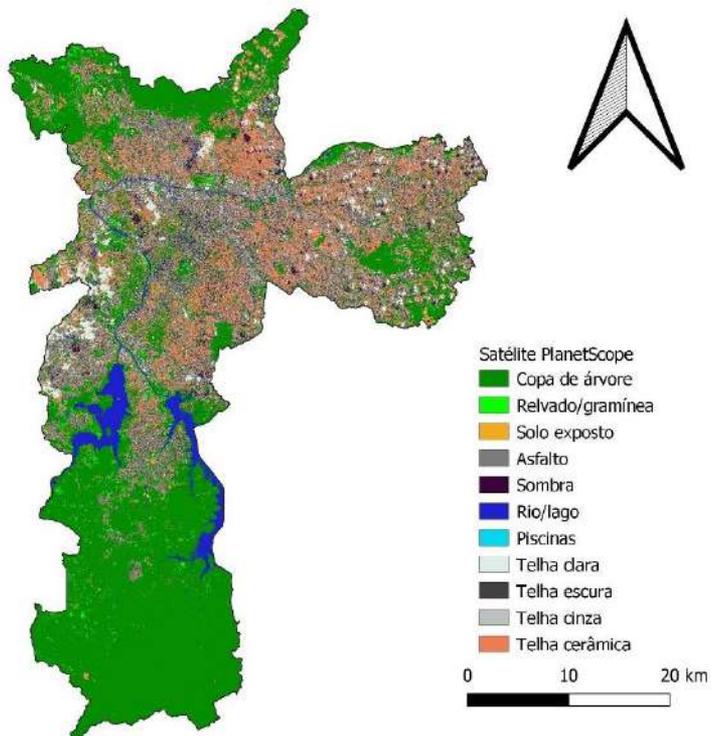


Figura 21 - Uso e Ocupação da Terra do município de São Paulo - SP do ano de 2023
 Fonte: A autora, 2023.

E respectiva tabela de uso e ocupação da terra do ano de 2023 para o município de São Paulo – SP, conforme mostra a tabela 5 abaixo.

Tabela 5 - Uso e Ocupação da Terra do ano de 2023

CLASSES	PORCENTAGEM (%)
Copa de árvore	46,14
Relvado/gramínea	1,75
Solo exposto	1,08
Asfalto	14,91
Sombra	1,13
Rio/Lago	4,7
Piscina	6,96
Telha clara	3,81
Telha escura	4,8
Telha cinza	5,8
Telha cerâmica	15,8

Fonte: A autora, 2022

No município de São Paulo, a área arborizada correspondeu a 46,4% da área total, sendo que as maiores concentrações ocorrem no extremo sul, na Subprefeitura de Parelheiros e na parte montanhosa, destacando a Serra da Cantareira; no norte ocorre nas Subprefeituras de Perus e Jaçanã/Tremembé; no leste se destaca a subprefeitura São Mateus; no oeste algumas manchas de arborização ocorrem na Subprefeitura do Butantã, Lapa e Pinheiros, e também na Subprefeitura M'Boi Mirim nas proximidades da represa Guarapiranga, localizada no sudoeste onde houve um pequeno aumento do número de árvores com percentual de 9,9%. No caso do relvado e gramínea (1,75%), a área arborizada encontra-se distribuída em menor área e com menor representação do que no ano de 2022, onde houve uma diminuição de 2,7% da área total e demonstra o aumento da construção e diminuição de áreas verdes.

A classe de solo exposto apresentou o percentual de 1,08% e teve uma diminuição de 2,4%, representando um constante aumento da área construída gradativamente até 2020. No asfalto (14,9%) percebeu-se uma diminuição de 12,7%.

A área construída (31,33%), teve uma expansão de 10,07%, demonstrando um intenso aumento do mercado imobiliário, concentrado na ZC e se espalhando principalmente para a ZL, mas também expandindo para a ZN, ZO e Zona Sul (ZS).

A análise da classificação obtida de Kappa para este mapa de uso e ocupação da terra foi de 88, 69%, o que demonstra ser uma classificação de boa acurácia.

O NDVI do mês seco, 27 de junho e mês úmido de abril feita por meio do *Landsat 8* com 8 metros de resolução, como mostra a Figura 22 abaixo

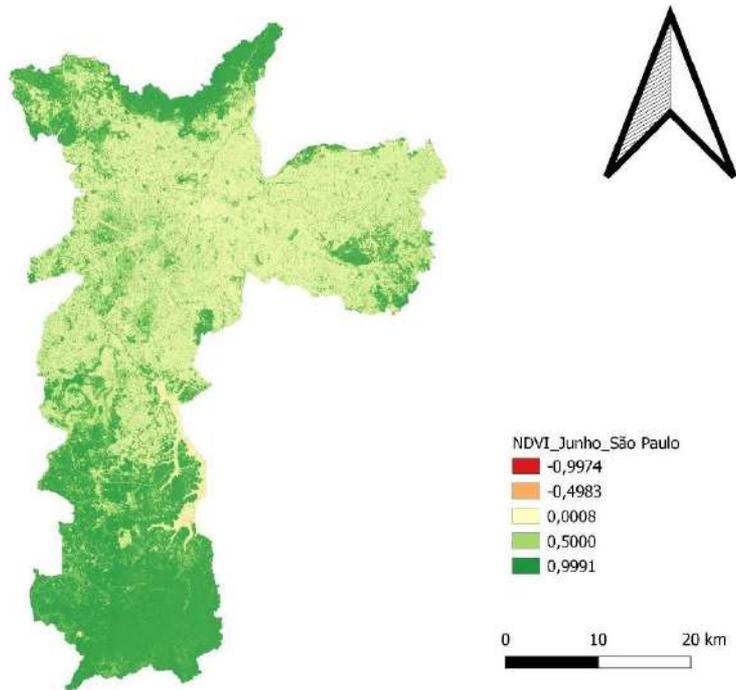


Figura 22 - O mapa de NDVI do mês seco do município de São Paulo - SP, de 2023
Fonte: A autora, 2023

Já o TST do mês úmido, 8 de maio de 2023 possuía 8 metros de resolução com resolução de 3 metros, a fim de obter a situação atual da dinâmica da vegetação e campo térmico, verificando a ICU como mostra a Figura 23, abaixo.

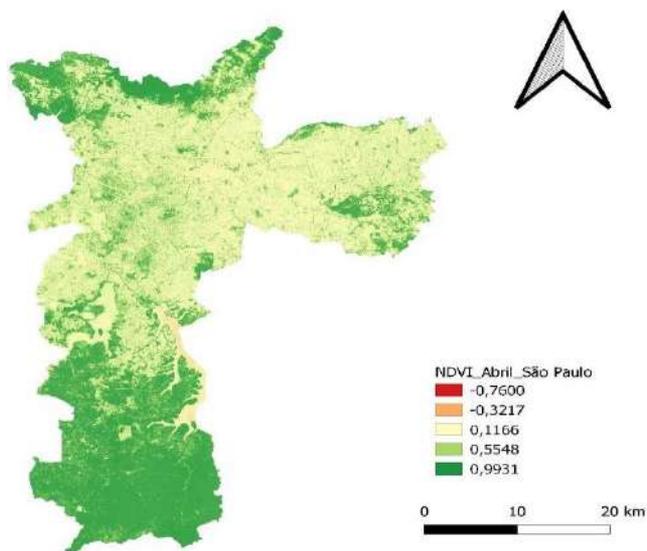


Figura 23 - O mapa de NDVI do mês úmido do município de São Paulo - SP, de 2023

Fonte: A autora, 2023

No ano de 2023, o NDVI do mês seco (junho) obteve-se a mínima próxima a -1, ou seja, -0,99 que se concentra apenas nas áreas altamente urbanizadas e com praticamente ausência de vegetação. Porém em seguida, os índices ainda baixos de -0,5 e 0,01 estão predominando na ZC e ZL, o índice de 0,5 se espalha por algumas regiões com mais vegetação da área, como o Parque do Carmo com vegetação arbórea na ZL, e o quadrante Sudoeste que obtém maior arborização e a Cidade Universitária no Butantã, porém, o maior índice (0,99) quase com a totalidade do índice que seria 1, apenas se concentra no extremo norte do município, na Serra da Cantareira e no extremo sul.

No caso do mês úmido (abril), obteve-se maior NDVI devido à época de maior ocorrência de chuva, com mínima (-0,76) e a máxima (0,99). Os menores índices da vegetação então concentrados nas áreas que há baixa vegetação e assim maiores construções, como ZC, ZL e expansão na ZO. Apenas apresenta-se o alto valor de NDVI no extremo Norte e Sul do município, como mostra a Figura 24 abaixo.

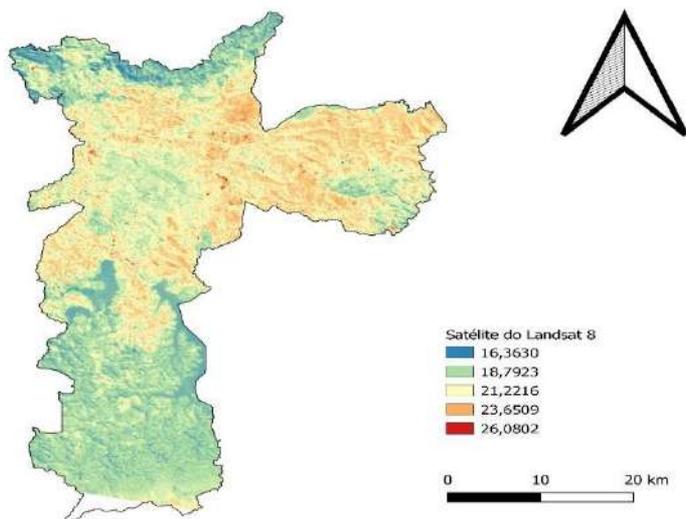


Figura 24 - O mapa de TST do mês seco do município de São Paulo - SP, de 2023
 Fonte: A autora, 2023

O campo térmico do mês seco (junho) deste mesmo ano, verifica-se que a temperatura mínima (16,36°C) e a máxima (26,08°C) apresentaram uma variação de aproximadamente 10 °C. As mínimas temperaturas se concentraram no extremo norte perto do Parque da Cantareira e, no extremo sul do município localizado na Subprefeitura de Parelheiros a temperatura amena se configurou no quadrilátero sudoeste com algumas nuances de maiores temperaturas em alguns distritos. Por fim, as maiores temperaturas, onde foi possível verificar a concentração da ICU ocorreram no centro e com espalhamento na ZL, com temperatura amena na região do Parque do Carmo.

No mês úmido, para o dia 5 de maio segue o mapa de TST conforme, Figura 25 abaixo.

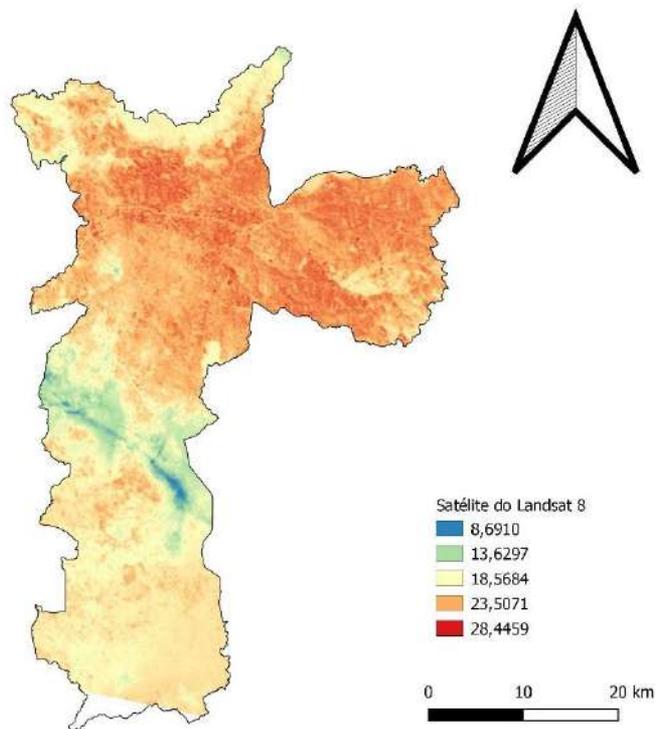


Figura 25 - O mapa de TST do mês úmido do município de São Paulo - SP, de 2023
 Fonte: A autora, 2023

O campo térmico do mês úmido (abril) deste mesmo ano de 2023, apresenta mínima (8,69°C) e máxima (28,45°C), com tendo uma variação de aproximadamente 20 °C. Os mínimos valores de temperatura se concentraram no extremo norte perto do Parque da Cantareira e no extremo sul do município, sendo que a temperatura amena se configurou no quadrilátero sudoeste com algumas nuances de maiores temperaturas em alguns distritos. Por fim, as maiores temperaturas foram verificadas com a concentração da ICU localizando-se no centro e com espalhamento na ZL, com temperatura amena na região do Parque do Carmo.

4.1.1 Zona Central e Zona Leste

Posteriormente, foi realizado um enfoque da paisagem na ZC e ZL do município de São Paulo, no ano de 2022 e 2023, obtidos para mês seco em junho e úmido nos meses de abril e maio. Obteve-se o mapeamento de uso e ocupação da terra, o NDVI obtido através do satélite CBERS4A com resolução de 2 metros para o ano de 2022, e no ano de 2023 com o satélite *PlanetScope* com resolução de 3 metros. Já o TST, foi obtido pelo satélite *Landsat 8*, com resolução de 30 metros nos três anos estudados.

A ZC é mostrada conforme o mapa de uso da terra na Figura 26, abaixo

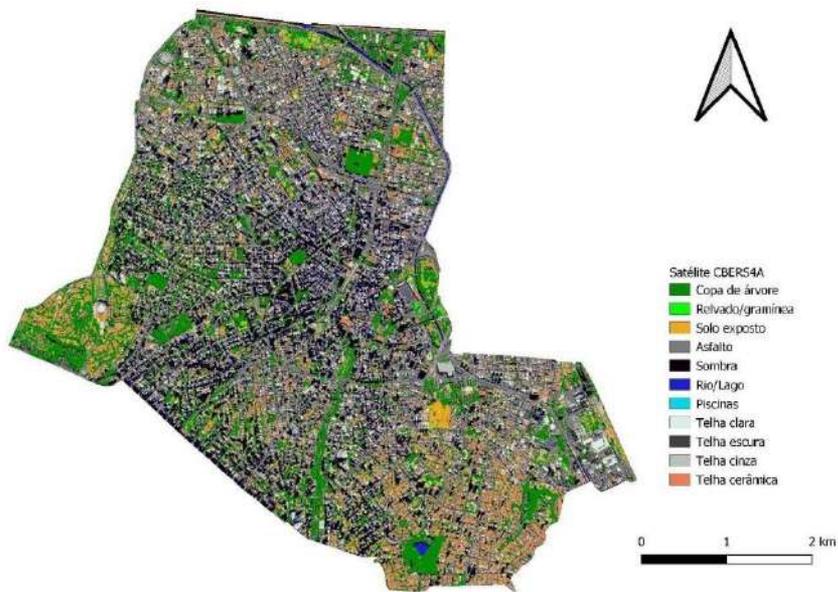


Figura 26 - Uso e Ocupação da Terra da ZC do município de São Paulo - SP, de 2022
Fonte: A autora, 2023

Na tabela 6 é mostrado o uso e ocupação da Terra da ZC ano de 2022 para a ZC, abaixo.

Tabela 6 - Uso e Ocupação da Terra da ZC ano de 2022

CLASSES	PORCENTAGEM (%)
Copa de árvore	15,48
Relvado/gramínea	0,71
Solo exposto	6,74
Asfalto	32,93
Sombra	15,76
Rio/Lago	3,77
Piscina	0,04
Telha clara	4,07
Telha escura	5,67
Telha cinza	9,35
Telha cerâmica	5,47

Fonte: A autora, 2023

Ao se verificar o mapa de 2022 da ZC observa-se o percentual de copa de árvore de 15,48%, com pouca proporção em relação à área construída que representa 40,52%, quase metade do território possuindo alta proporção de telha cinza e telha escura, que absorvem muito calor. O asfalto apresenta 32,93%, com expressiva cobertura do solo impermeável e, com baixo albedo e solo exposto de 32,93%, sendo expressivo no distrito Cambuci em contrapartida ao baixo índice de área de relvado/gramínea de 0,71%.

Destaca-se que a maior concentração do número de árvores se encontra nos distritos de Consolação e Bela Vista.

Verifica-se o NDVI para a ZC na Figura 27, abaixo.

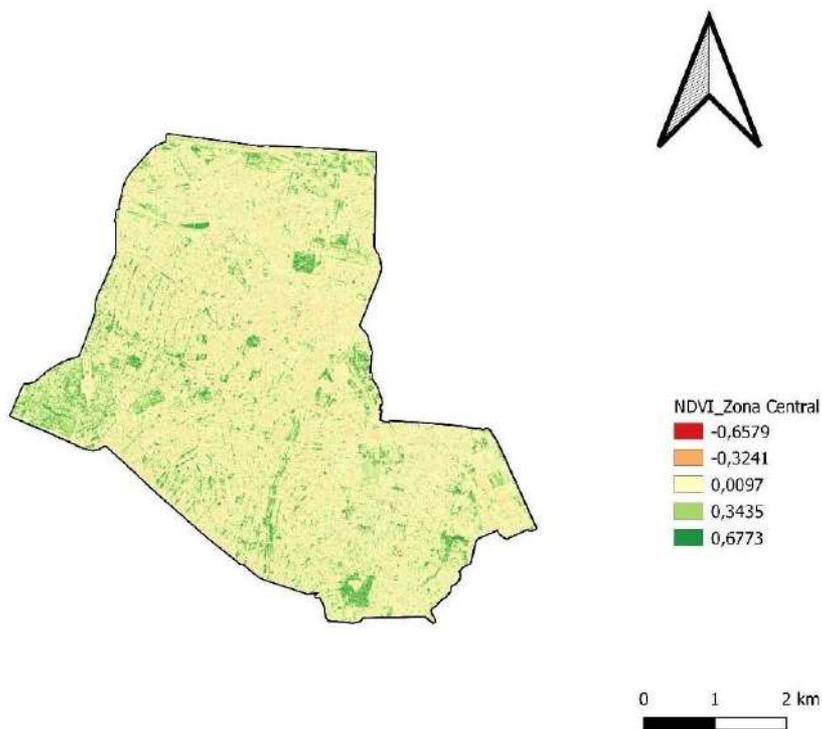


Figura 27 - O mapa de NDVI da ZC do mês seco do município de São Paulo - SP, de 2022
Fonte: A autora, 2023.

Verifica-se a TST para a ZC na Figura 28, abaixo.

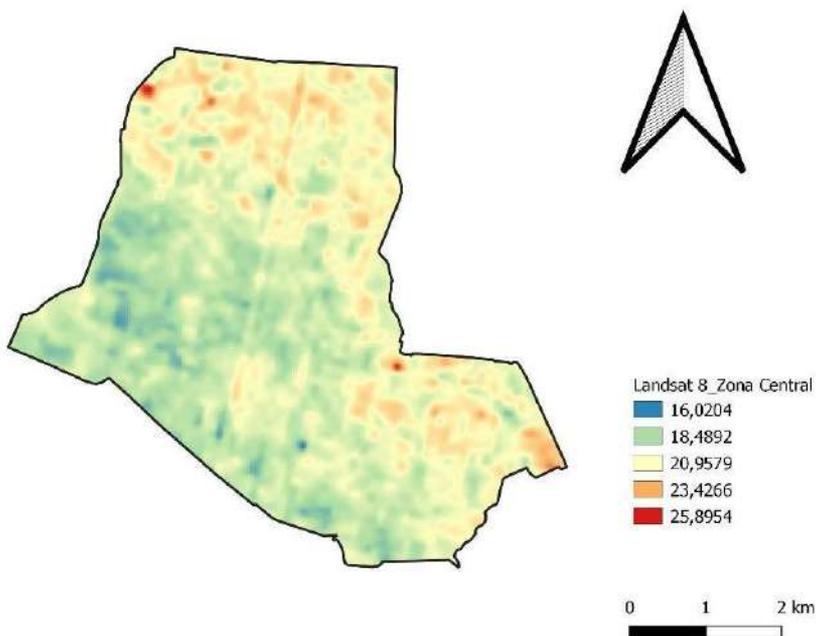


Figura 28 - O mapa de TST da ZC do mês seco do município de São Paulo - SP, de 2022

Fonte: A autora, 2023.

No NDVI desta área em 2022, verifica-se o maior índice da ZC (0,67) concentrado em alguns distritos e de forma pontual da ZC, em áreas como Consolação, Liberdade e Bom retiro, porém com baixa representatividade. Isso demonstra que o NDVI predominante (0,01 e -0,32) comprova o baixo índice de vegetação da área.

Em relação ao TST é demonstrado que em junho de 2022 predominou a temperatura de 16,02°C, incluindo nas áreas com maior vegetação como Consolação, Bela Vista e Liberdade. As áreas com maiores temperaturas (23,43°C e 25,89°C estavam concentradas em Santa Cecília, Bom Retiro, Sé e Cambuci, demonstrando a ocorrência da ICUS.

No mês úmido, do mês de abril, foi obtido o mapa de NDVI mostrado na figura 29, abaixo.

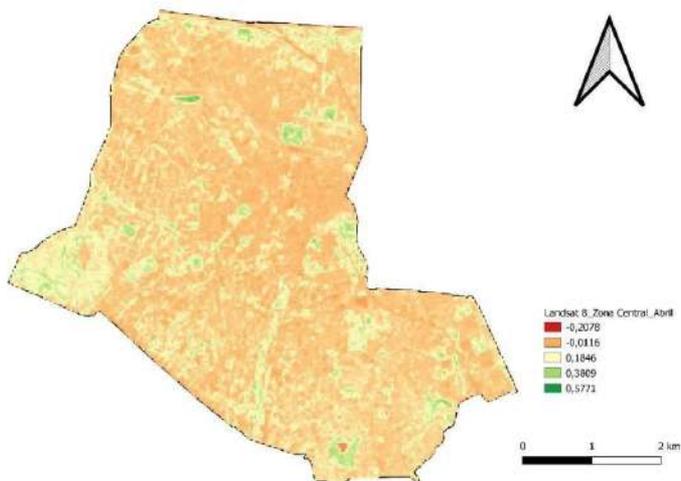


Figura 29 - O mapa de NDVI da ZC do mês úmido do município de São Paulo - SP, de 2022

Fonte: A autora, 2023

No mês úmido, do mês de abril, também foi obtido o mapa de TST como mostra a Figura 30, abaixo.

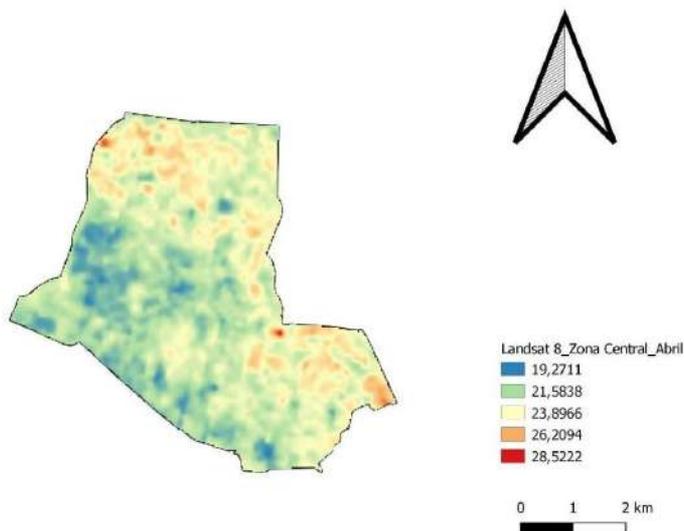


Figura 30 - O mapa de TST da ZC do mês úmido do município de São Paulo - SP, de 2022

Fonte: A autora, 2023

No mês de abril de 2022 que foi incluído trabalho como úmido, ou seja, avaliado na época de verão pois foi o que conseguiu-se obter pelo CBERS4A como boa imagem para análise, por ser um mês onde há menores índices pluviométricos em relação a janeiro, fevereiro e março encontrou 0,57 como maior valor de NDVI e ficou concentrado na Consolação, pois a vegetação não possuiu tanto recurso hídrico para seu desenvolvimento. Em contrapartida, prevaleceram os menores valores de NDVI (-0,01 e -0,21), demonstrando com ênfase a falta de vegetação na grande parte da ZC.

A TST se relaciona com o NDVI, comprovando como a ausência de vegetação contribui para o aumento da temperatura, que verificou-se ocorrer na maior parte da ZC. Sendo assim, a mínima nesse mês (19,27°C) com aumento de (3,25°C) em relação ao mês seco de inverno. A máxima do mês de verão (28,52°C) com aumento (2,63°C) com predomínio da maior temperatura também em Santa Cecília, Bom Retiro, Sé e Cambuci, mostrando o fenômeno da ICUS e alertando para o desconforto térmico que vem se gerando nos distritos menos favorecidos de áreas verdes, principalmente nos meses úmidos.

No tocante da ZL, obteve-se o mapa de uso da terra do satélite CBERS4A com resolução 2 metros conforme mostra a Figura 31, abaixo.



Figura 31 - Uso e Ocupação da Terra da ZL do município de São Paulo - SP, do ano de 2022

Fonte: A autora, 2023

Na tabela 7 é mostrado o uso e ocupação da Terra da ZL ano de 2022, abaixo.

Tabela 7 - Uso e Ocupação da Terra da ZL do ano de 2022

CLASSES	PORCENTAGEM (%)
Copa de árvore	16,01
Relvado/gramínea	9,68
Solo exposto	14,24
Asfalto	39,83
Sombra	1,46
Rio/Lago	1,07
Piscina	0,2
Telha clara	2,98
Telha escura	4,79
Telha cinza	4,75
Telha cerâmica	5

Fonte: A autora, 2023

Na ZL, obteve-se um baixo percentual de copa de árvore 16,01% se destacando principalmente no Parque do Carmo localizado na Subprefeitura de Itaquera, e um fragmento florestal na USP Leste localizada na Subprefeitura Ermelino Matarazzo. No caso do relvado/gramínea com representatividade de (9,68%) nas poucas áreas livres da zona, incluindo o parque.

A área construída está bem espalhada em toda ZL 18,98%, possui telhas escuras e cinzas que contribuem para o aquecimento das cidades com sua alta absorção de radiação. Como solo exposto obteve-se 14,24%, onde poderia ser área vegetada.

O NDVI para o mês seco pode ser visualizado na Figura 32, abaixo.

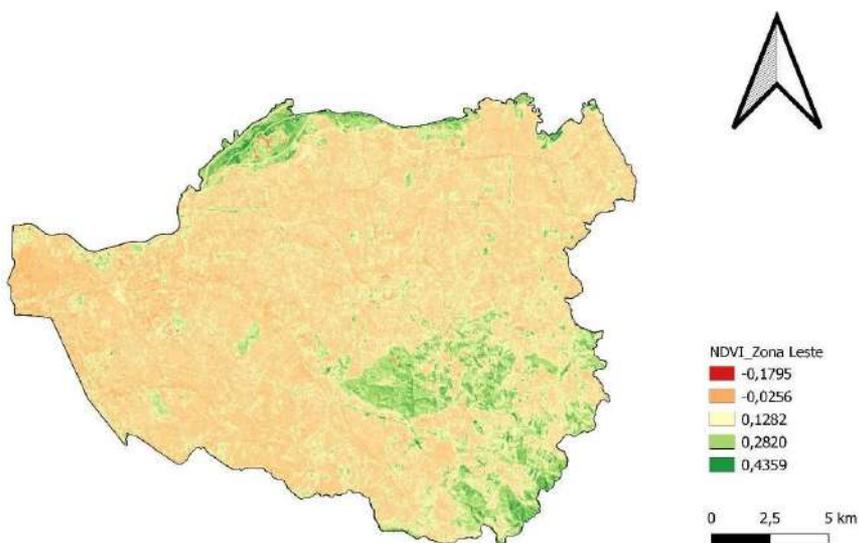


Figura 32 - O mapa de NDVI da ZL do município de São Paulo - SP, do mês seco de 2022

Fonte: A autora, 2023

E o mapa de TST para o mês úmido pode ser verificado na Figura 33, abaixo.

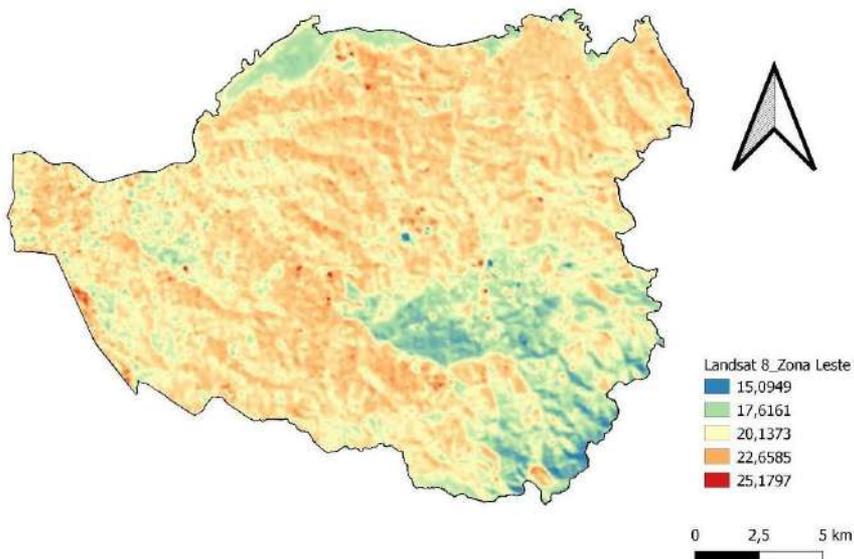


Figura 33 - O mapa de TST da ZL do município de São Paulo - SP, do mês seco de 2022

Fonte: A autora, 2023

Na ZL, verificando o mês seco é alarmante o predomínio de área construída em detrimento da vegetação, ressaltando a grande distribuição de baixo NDVI (ficando entre 0,12 a -0,19). Pontualmente o maior NDVI (0,43) ocorreu no Parque do Carmo, que refresca uma parte de Itaquera se expande para Cidade Tiradentes e na parte norte dessa zona, incluindo os distritos da Penha e Ermelino Matarazzo.

Em relação ao TST, este segue a mesma dinâmica da NDVI com as menores temperaturas no parque do Carmo, pontualmente na Cidade Tiradentes e na parte norte dessa zona, incluindo os distritos da Penha e Ermelino Matarazzo. Possui a máxima nesse mês seco (25,18°C) e a mínima (15,10 °C).

Verifica-se a heterogeneidade entre as subprefeituras das Zonas do município de São Paulo, Oliva (2024) destaca que a cidade de São Paulo tem uma grande variabilidade de cobertura arbórea entre as

suas subprefeituras e isso pode ser observado em alguns fragmentos dessa cobertura na ZL, o Parque do Carmo.

Já com relação mapa de NDVI da ZL do município de São Paulo, SP do mês úmido de 2022, ele pode ser verificado na Figura 34, abaixo.

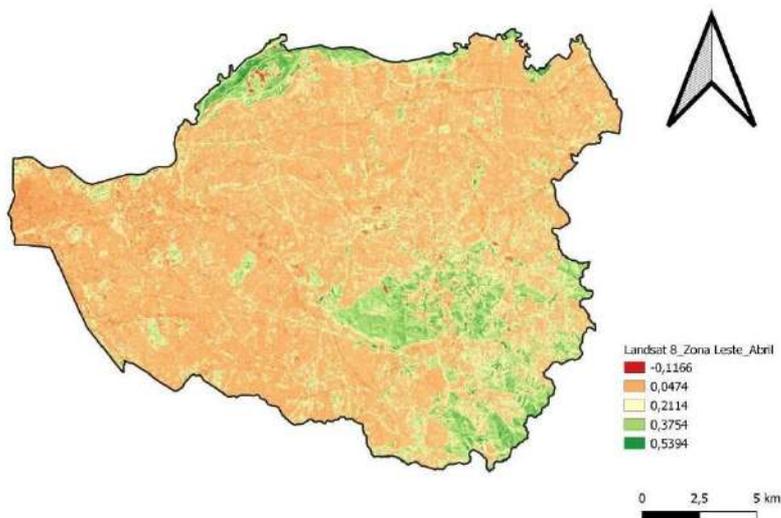


Figura 34 - O mapa de NDVI da ZL do município de São Paulo - SP, do mês úmido de 2022

Fonte: A autora, 2023

No mês úmido, a ZL apresentou máxima (0,54) com maior índice de chuva em relação ao período seco, em pequenas áreas como ocorreu no mês seco. Predominou-se assim o baixo NDVI (0,04 a -0,12), demonstrando a falta de vegetação em toda essa zona.

Com relação ao mapa de TST da ZL do município de São Paulo, SP do mês úmido de 2022, ele pode ser visualizado na Figura 35, abaixo.

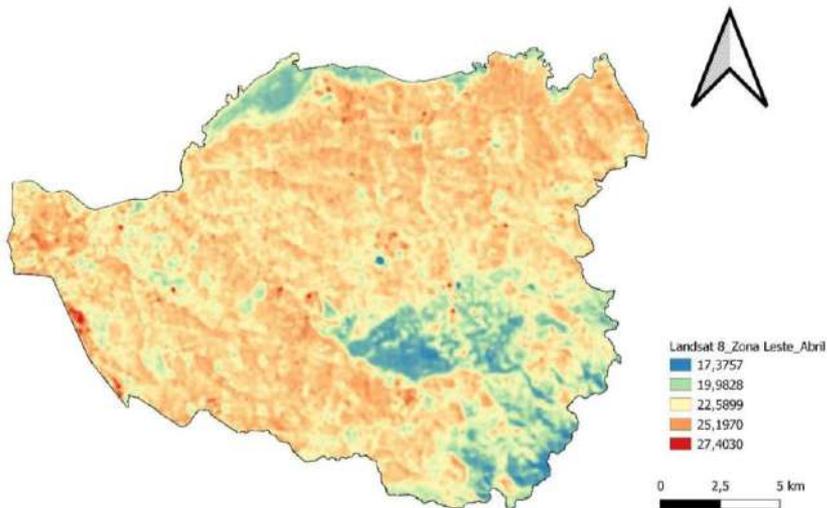


Figura 35 - O mapa de TST da ZL do município de São Paulo - SP, do mês úmido de 2022

Fonte: A autora, 2023

Em relação ao TST, segue a mesma dinâmica da NDVI, tendo as menores temperaturas no parque do Carmo, pontualmente na Cidade Tiradentes e na parte norte dessa zona, incluindo os distritos da Penha e Ermelino Matarazzo. A temperatura máxima nesse mês úmido foi 27,40°C e a mínima de 17,37°C, com aumento da temperatura máxima de 2,22°C e aumento da mínima de 2,28°C.

No ano de 2023, a ZC mostra o uso e ocupação da terra é mostrada na Figura 36 abaixo.

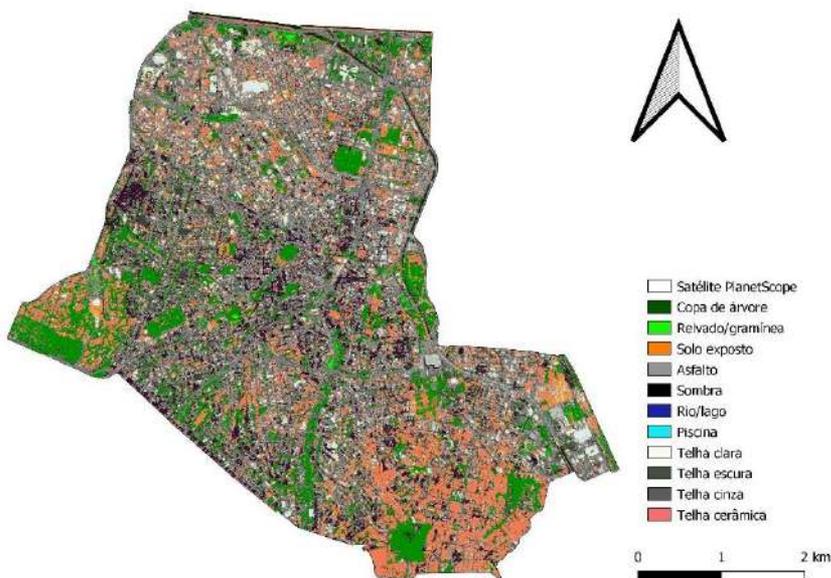


Figura 36 - O mapa de uso e ocupação da terra da ZC do município de São Paulo - SP, de 2023

Fonte: A autora, 2023

Na tabela 8 é mostrado o uso e ocupação da Terra da ZC ano de 2023, abaixo.

Tabela 8 - Uso e Ocupação da Terra da ZC do ano de 2023

CLASSES	PORCENTAGEM (%)
Copa de árvore	14,27
Relvado/gramínea	0,51
Solo exposto	1,85
Asfalto	30,30
Sombra	4,76
Rio/Lago	4,89
Piscina	0,01
Telha clara	4,18
Telha escura	9,57
Telha cinza	11,60
Telha cerâmica	18,06

Fonte: A autora, 2023

No ano de 2023, a copa de árvore teve uma pequena diminuição (1,21%), com 14,27% de árvores, no qual se observa expressiva diminuição no distrito da Consolação e Bela Vista, ocorrendo possivelmente devido ao aumento da especulação imobiliária. Assim o relavado/gramínea e solo exposto obtiveram pequena representatividade (0,51% e 1,85%), respectivamente.

Em contrapartida, comprovando o aumento da construção obteve-se nessa área 48,17% representando praticamente (50%) de toda área da ZC e no asfalto com alta representatividade de superfície impermeável com 30,30%.

No ano de 2023, é mostrada na Figura 37 abaixo, a ZC o NDVI do mês seco (25 junho).

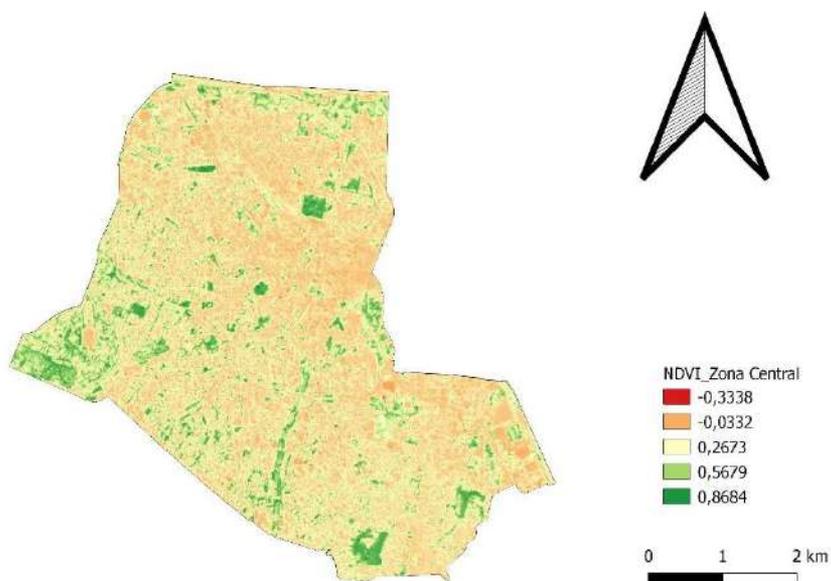


Figura 37 - O mapa de NDVI da ZC do município de São Paulo - SP, do mês seco de 2023

Fonte: A autora, 2023

No ano de 2023, é mostrada na Figura 38 abaixo, a ZC o uso e o TST.

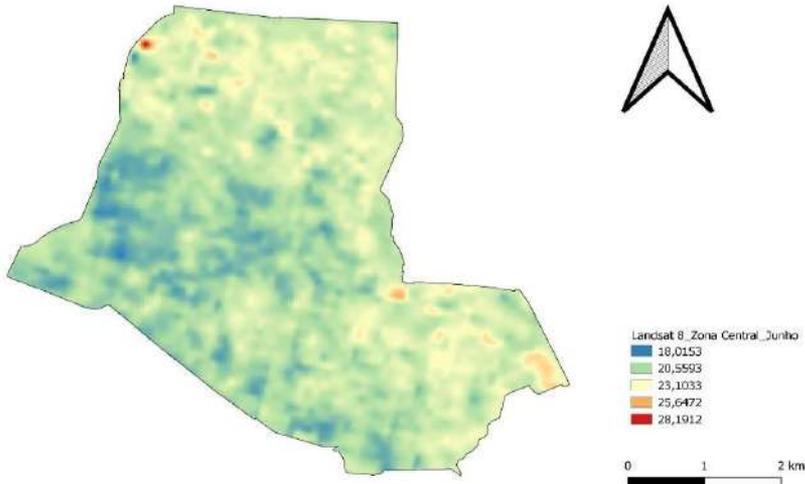


Figura 38 - O mapa de TST da ZC do município de São Paulo - SP, do mês seco de 2023

Fonte: A autora, 2023

No ano de 2023, na ZC e no mês seco observou-se um aumento do NDVI em relação ao ano anterior, tendo o valor máximo (0,87) apresentado um aumento (0,20) do índice, porém esta maior concentração de vegetação ficou ainda mais restrita, predominando no Distrito da Consolação e pontualmente na Liberdade e Bom Retiro. Os menores NDVI foram predominantes na ZC apresentando baixos índices (0,27 até a mínima de -0,33).

Ao avaliar a TST da ZC de 2023 verificou-se um aumento de temperatura no mês seco em relação a 2022, com temperaturas mínima 18,01°C e máxima 25,89°C, apresentando, com aumentos de 2°C e 3°C, respectivamente. Isso demonstra o aumento da temperatura nesse ano já no mês seco, o que pode ter sido ocasionado pela supressão da vegetação e conseqüentemente o aumento da ICUS.

A seguir é mostrado o mapa de NDVI relativo ao mês úmido (8 abril), conforme mostra a Figura 39, abaixo.

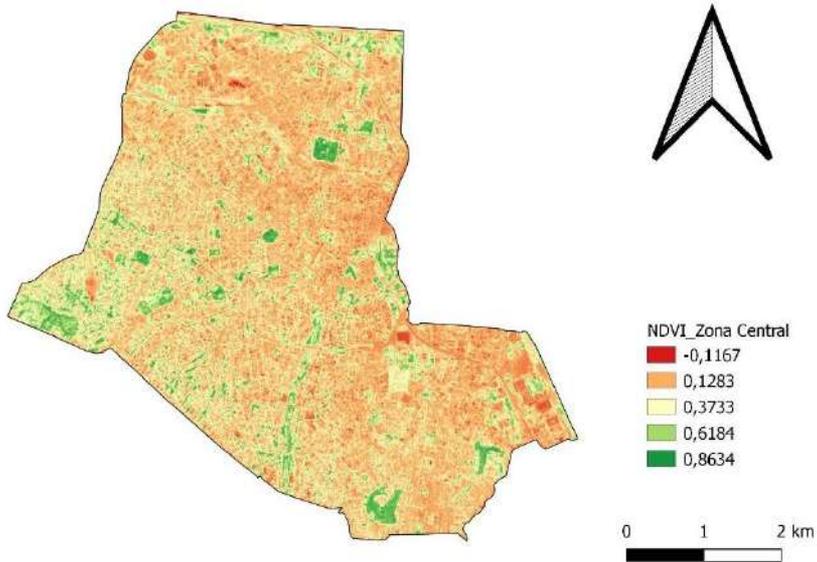


Figura 39 - O mapa de NDVI da ZC do município de São Paulo - SP, do mês úmido de 2023

Fonte: A autora, 2023

Logo a seguir, é mostrado o mapa com a TST para o dia 8 de abril, conforme mostra a Figura 40, abaixo.

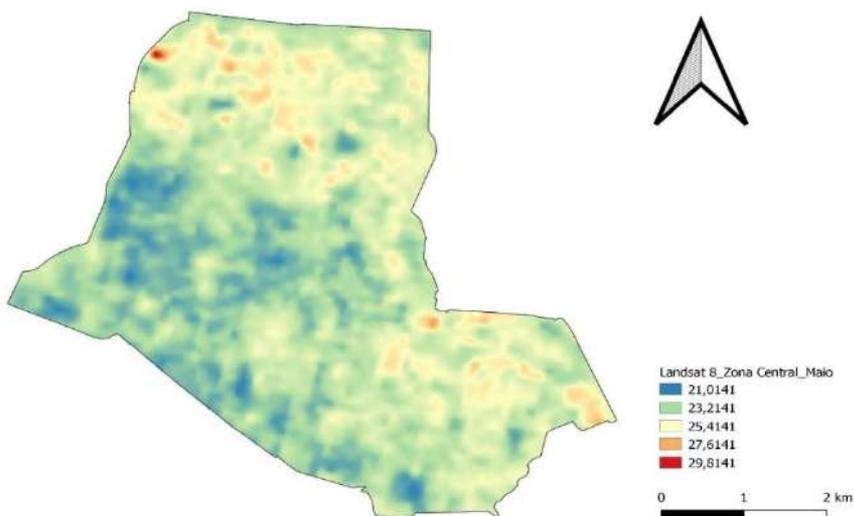


Figura 40 - O mapa de TST da ZC do município de São Paulo - SP, do mês úmido de 2023

Fonte: A autora, 2023

No mesmo ano já no mês úmido, verificou-se como no mês seco um aumento do NDVI (0,20), porém mal distribuído e com uma predominância ainda maior de baixo NDVI (0,37 a -0,12), com expansão da baixa vegetação em toda ZC, principalmente nos Distrito da Sé e República.

A TST no mês úmido da ZC, por ser um mês quente houve um aumento significativo da temperatura, a mínima 21,01°C e a máxima 29,81°C, tiveram aumento de 1°C em relação a 2022, mas já indicando o aumento da ICUS.

A seguir é mostrado para o ano de 2023 o uso e ocupação da terra do mês de abril, conforme mostra a Figura 41, abaixo.

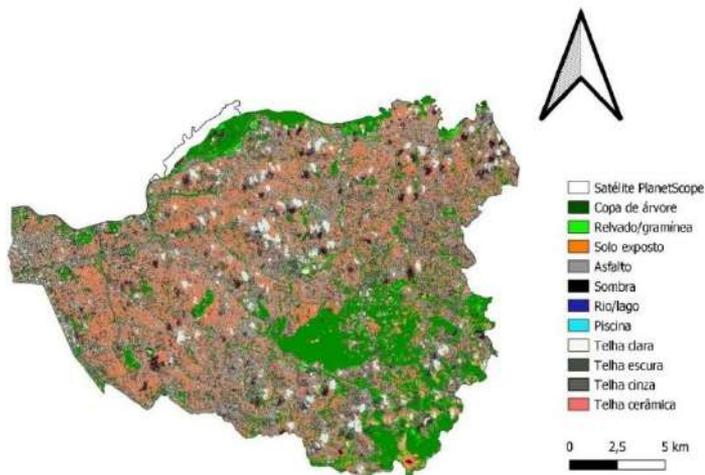


Figura 41 - O mapa de uso e ocupação da terra da ZL do município de São Paulo - SP, de 2023

Fonte: A autora, 2023

Na tabela 9 abaixo é mostrado o uso e ocupação da Terra da ZC ano de 2022 para a ZC, abaixo.

Tabela 9 - Uso e Ocupação da Terra da ZL do ano de 2023

CLASSES	PORCENTAGEM (%)
Copa de árvore	20,21
Relvado/gramínea	1,12
Solo exposto	1,36
Asfalto	19,83
Sombra	1,58
Rio/Lago	2,30
Piscina	0,9
Telha clara	4,8
Telha escura	9,92
Telha cinza	12,32
Telha cerâmica	26,53

Fonte: A autora, 2023

No âmbito de cobertura arbórea houve um aumento de 4,2%, porém ainda com baixa representatividade na área (20,21%). Para o

relvado baixou-se a representação (1,12%), assim como de solo exposto (1,36%).

A alta representatividade concentra no asfalto (19,83%) e na área construída (55,16%), tendo uma cobertura maior que a metade da ZL.

O mapa a seguir apresenta o NDVI do mês seco, conforme mostra a Figura 42 abaixo.

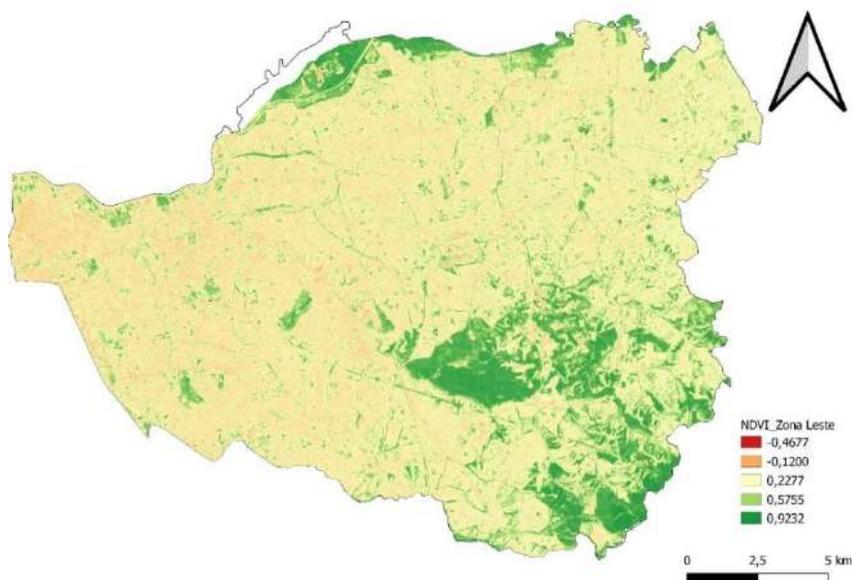


Figura 42 - O mapa de NDVI da ZL do município de São Paulo - SP, do mês seco de 2023

Fonte: A autora, 2023

Em seguida o mapa apresenta a TST de 27 de junho, conforme mostra a Figura 43 abaixo.

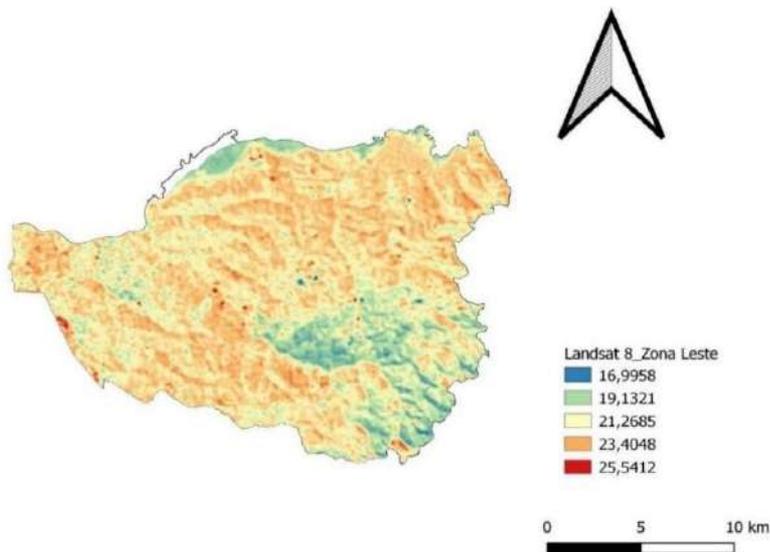


Figura 43 - O mapa TST da ZL do município de São Paulo - SP, do mês seco de 2023

Fonte: A autora, 2023.

Na ZL, para o mês seco de 2023, verificou-se também o aumento do NDVI (0,48 atingindo o máximo de 0,92), porém foi pontualmente o maior índice de vegetação obtido no Parque do Carmo, na Cidade Tiradentes e no norte da ZL abrangendo Penha, Ermelino Matarazzo e São Miguel. Em contrapartida o menor NDVI (-0,47) possuiu diminuição (0,30) em relação a 2022, demonstrando a supressão da vegetação com grande proporção na ZL.

Em relação ao campo térmico houve um aumento significativo do ano de 2022, com a mínima de 2°C. Em 2023, no mês seco a temperatura mínima da ZC foi 17 °C, enquanto a temperatura máxima aumentou nem um grau, sendo 25,54 °C. Porém, esse aumento da mínima exemplifica que houve um aumento da temperatura nas áreas menos vegetadas e maior espalhamento da ICUS.

Destaca-se para o mapa abaixo mostrando o NDVI para mês úmido o NDVI (abril), conforme mostra a Figura 44 abaixo.

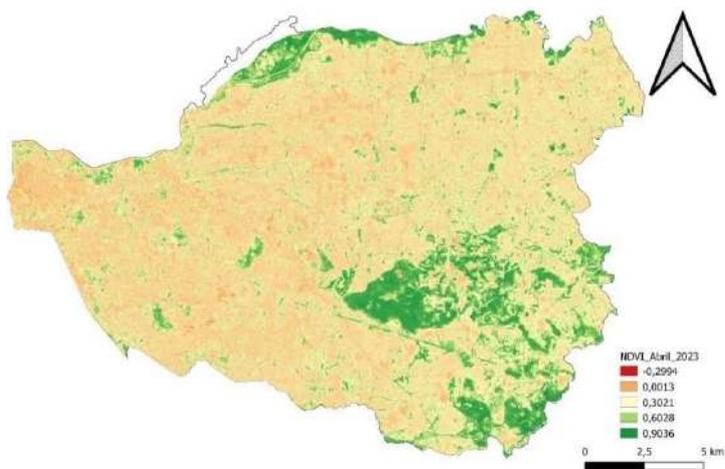


Figura 44 - O mapa de NDVI da ZL do município de São Paulo - SP, do mês úmido de 2023

Fonte: A autora, 2023.

Destaca-se o mapa de TST, do dia 8 de maio), como mostra a Figura 45 abaixo.

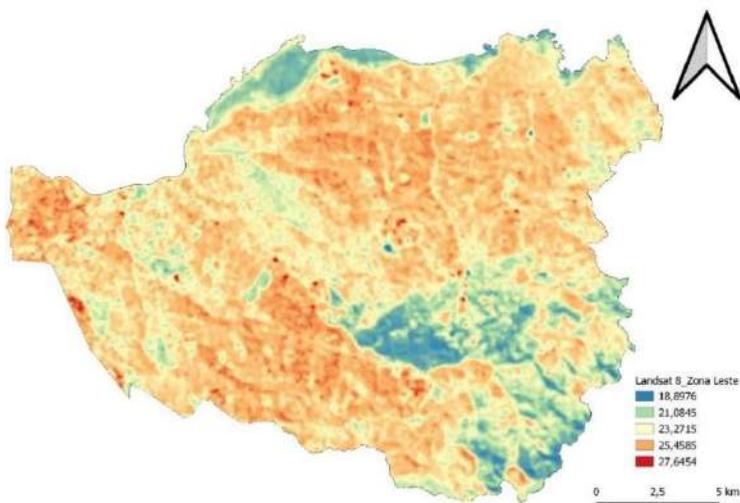


Figura 45 - O mapa de TST da ZL do município de São Paulo, SP do mês úmido de 2023

Fonte: A autora, 2023

No mês úmido na ZL em 2022, o valor mínimo do NDVI (-0,11) enquanto em 2023 o valor mínimo do NDVI (-0,30), indicou supressão da vegetação na maior parte desta zona, apenas concentrando um alto NDVI na região do Parque do Carmo e próximo e no norte dos distritos Ermelino Matarazzo e São Miguel, com o NDVI máximo (0,90). Isso indicou que teve maior índice em comparação de 2022 (aumento de 0,20), porém ainda de forma concentrada e manteve esse índice em comparação ao mês seco de 2023, mesmo sendo período chuvoso propiciando maior vigor da vegetação.

Avaliando a TST, houve um aumento na temperatura mínima de quase 2°C no mês úmido da ZL em relação a 2022 com a temperatura mínima de 18,89°C. Isso indicou maior ocorrência de ICUS que pode estar associada a falta de vegetação desta área, enquanto a temperatura máxima praticamente se manteve em relação ao ano anterior 27,64 °C, em 2023.

Com a análise do NDVI da Zona Central e Zona Leste pôde-se verificar a falta da arborização urbana, sobretudo com maior conexão entre todos os distritos, tendo uma distribuição mais igualitária. Com destaque para a Zona Leste que possui alguns fragmentos florestais, porém de forma restrita, no Parque do Carmo, Parque Savoy e no Distrito Ermelino Matarazzo, onde está localizada a USP Leste. No entanto, na Zona Central há uma grande defasagem nas áreas verdes, sobretudo na arborização, com falta de área permeável e espaços para plantio. Dessa forma, também deve se pensar na área outras formas de aumentar a sua IV, como telhadoverde e paredes verdes.

4.2 Análise estatística

4.2.1 Correlação Linear de Pearson

Fez-se uma relação simples com os dados do NDVI com a TST período seco (APÊNDICE C. Dados de NDVI e TST do período seco

de 2020) e úmido (APÊNDICE D. Dados de NDVI e TST do período úmido de 2020) de 2020 no município de São Paulo. Adicionalmente, também foi realizada a análise do ano de 2022 e o mais atual obtido de 2023.

O resultado está disponível nos gráficos respectivos para cada período, que foram feitos no programa R, por meio dos gráficos de dispersão relacionando a TST com os meses de estudo do período seco e úmido, como mostra a Figura 46 abaixo.

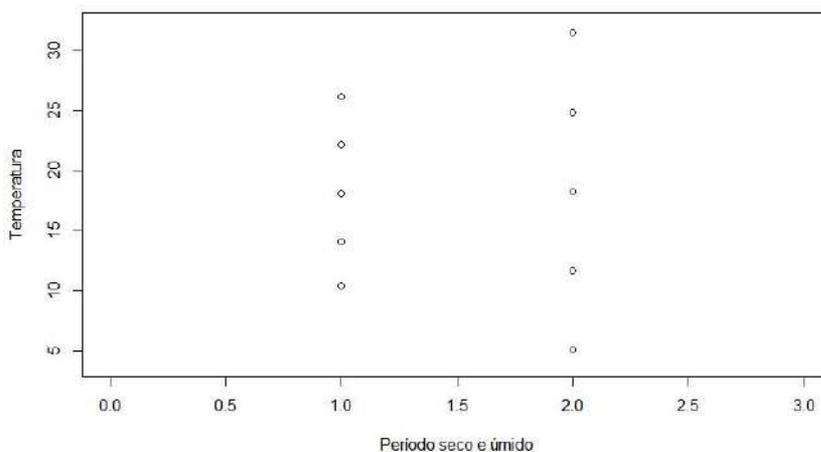


Figura 46 - Gráficos de dispersão, relacionando período seco e úmido com a Temperatura do município de São Paulo - SP, de 2020

Fonte: A autora, 2022

Em seguida, foi realizado a análise do Coeficiente de Correlação de Pearson e foi feito o ajuste do modelo de regressão linear por período, relacionando a TST com NDVI. No período seco, obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 21,52 - 23,07x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = - 0,99$, demonstrando ser uma correlação muito forte, conforme mostra a figura Figura 47 a seguir.

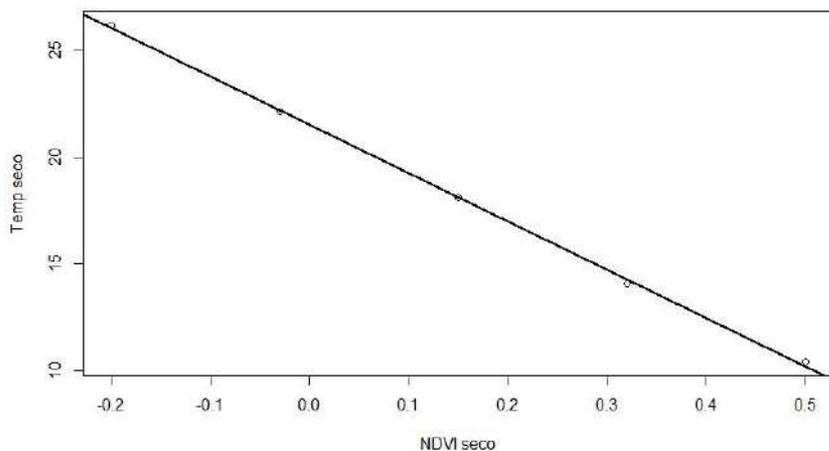


Figura 47 - Gráfico da correlação linear de Pearson do mês seco do município de São Paulo - SP, de 2020

Fonte: A autora, 2022

No período úmido obteve-se a equação da regressão linear: $y = 22,81 - 29,55x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi, $r = -0,99$, também sendo considerada uma correlação muito forte. Maiores detalhes podem ser visualizados na Figura 48 a seguir.

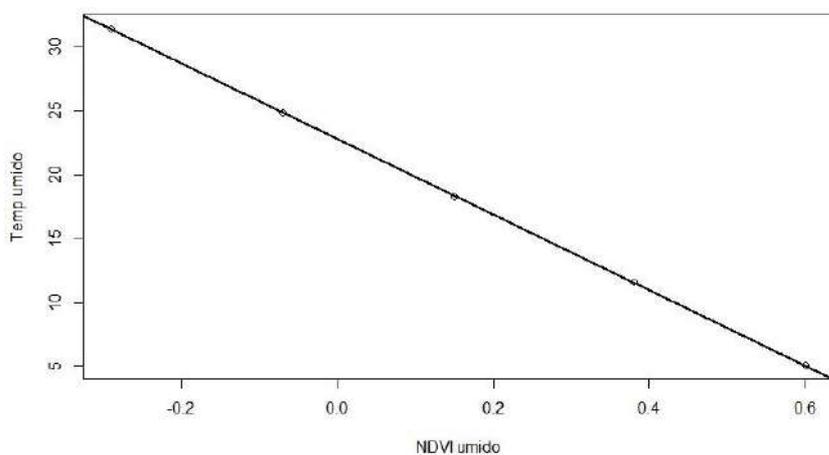


Figura 48 - Gráfico da correlação linear de Pearson do mês úmido do município de São Paulo - SP, de 2020

Fonte: A autora, 2022

A partir dos gráficos de regressão linear pode-se observar que há uma reta relação decrescente, isso demonstra a relação inversa entre a TST e o NDVI. Quanto menor o valor do NDVI (sendo baixa a área vegetada) maior é o valor da TST, comprovando a ocorrência da ICU, principalmente as ICUS agravadas pela falta da vegetação.

Posteriormente fez-se a análise estatística do ano de 2022, utilizando os valores do NDVI com os valores da TST do período seco e úmido do município de São Paulo (APÊNDICES E e F, respectivamente).

No programa R foram gerados gráficos de dispersão relacionando a TST com os meses de estudo do período seco e úmido do ano de 2022, como mostra a Figura 49 a seguir.

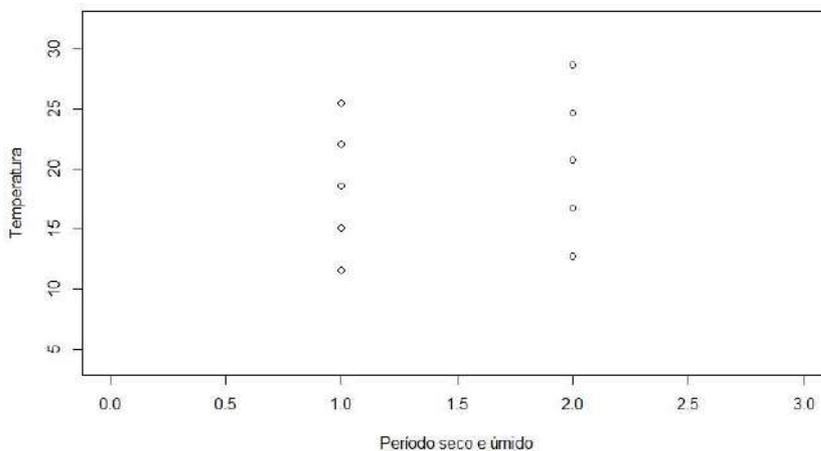


Figura 49 - Gráficos de dispersão, relacionando período seco e úmido com a Temperatura do município de São Paulo - SP, de 2022

Fonte: A autora, 2023

Em seguida, foi realizado Coeficiente de Correlação de Pearson e ajuste do modelo de regressão linear por período, relacionando os valores d TST com os valores do NDVI.

No período seco, obteve-se a equação da regressão linear: $y = 20,77 - 18,82x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = -$

0,99, indicando uma correlação muito forte. Maiores detalhes podem ser visualizados na Figura 50 a seguir.

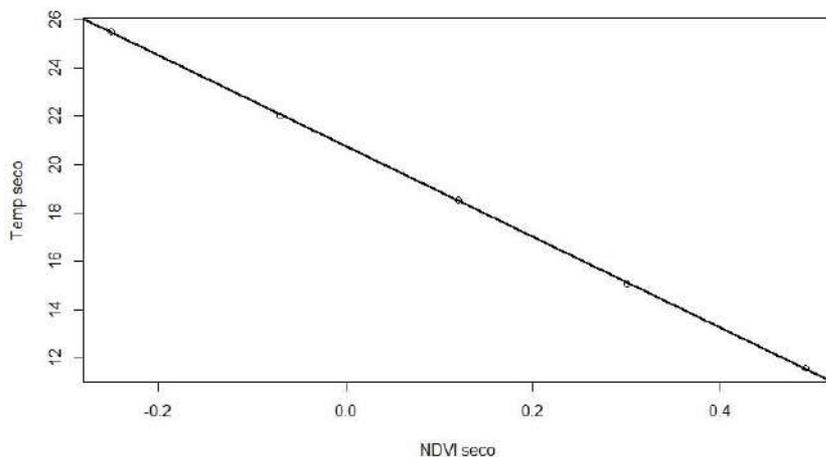


Figura 50 - Gráfico da correlação linear de Pearson do mês seco do município de São Paulo - SP, de 2022

Fonte: A autora, 2023

Em seguida, no período úmido obteve-se a equação da regressão linear: $y = 26,81 - 25,60x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = - 0,99$, indicando uma correlação muito forte. Maiores detalhes podem ser visualizados na Figura 51 a seguir.

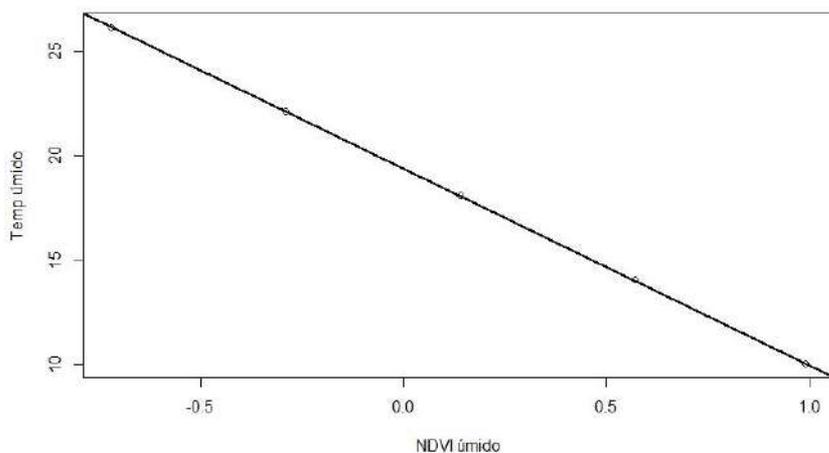


Figura 51 - Gráfico da correlação linear de Pearson do mês úmido do município de São Paulo - SP, de 2022

Fonte: A autora, 2023

No ano de 2023 obteve-se os dados de NDVI e TST no período seco e no período úmido para o município de São Paulo (Apêndices G e H, respectivamente).

A Figura 52 abaixo, mostra o gráfico de dispersão relacionando os valores da TST com os meses de estudo do período seco e úmido. Pode-se verificar que no mesmo período possui menos dispersão de pontos da temperatura em relação ao período úmido neste ano no município de São Paulo.

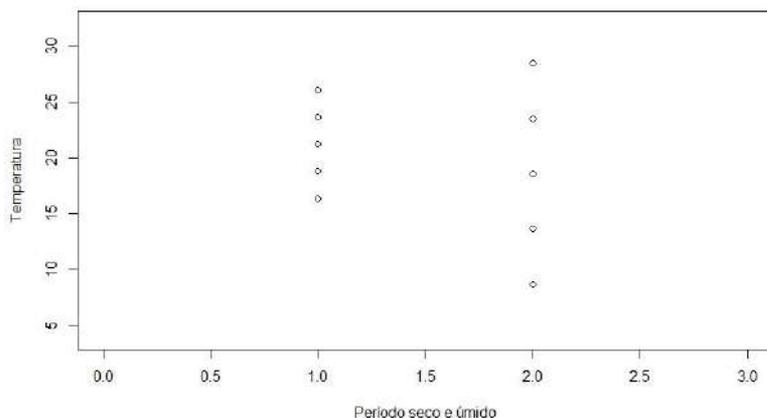


Figura 52 - Gráficos de dispersão, relacionando período seco e úmido com a Temperatura do município de São Paulo - SP, de 2023

Fonte: A autora, 2023

Em seguida foi realizado Coeficiente de Correlação de Pearson e ajuste do modelo de regressão linear por período, relacionando os valores da TST com os valores do NDVI para o período seco conforme mostra a Figura 53 abaixo. Obteve-se a equação da regressão linear: $y = 21.23 - 4.89x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = -0,99$ e indicou uma correlação muito forte.

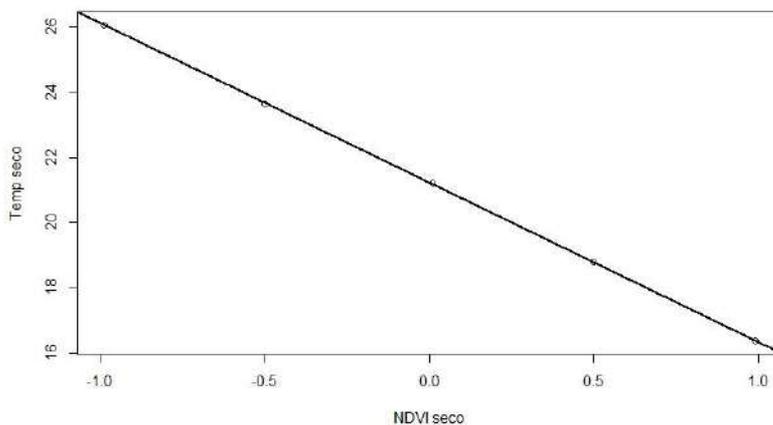


Figura 53 - Gráfico da correlação linear de Pearson do mês seco do município de São Paulo - SP, de 2023

Fonte: A autora, 2023

No período úmido obteve-se a equação da regressão linear: $y = 19,88 - 11,30x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = -0,99$, indicou uma correlação muito forte. Maiores detalhes podem ser visualizados na Figura 54 abaixo.

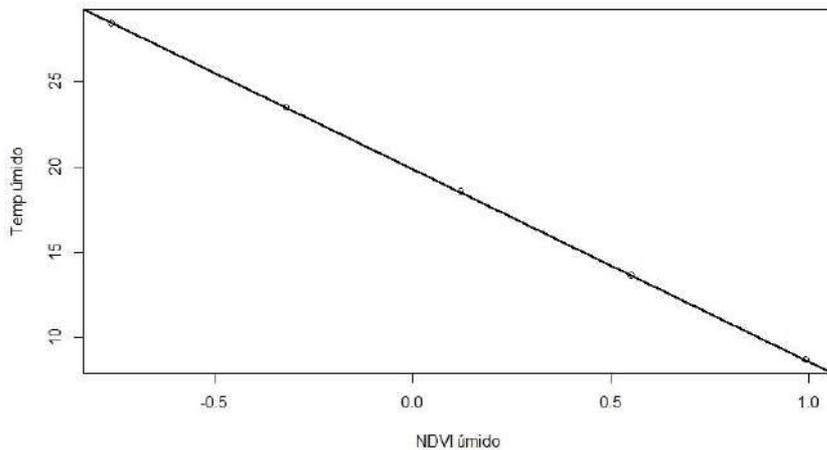


Figura 54 - Gráfico da correlação linear de Pearson do mês úmido do município de São Paulo - SP, de 2023
Fonte: A autora, 2023

Finalmente foram realizados gráficos estatísticos para as ZC e ZL nas estações seca e úmida dos anos de 2022 e 2023, respectivamente. A partir dos dados da ZC e ZL (Apêndices I, J, K e L).

O gráfico de dispersão relacionando os valores da TST com os meses de estudo dos períodos seco e úmido do ano de 2022 para a ZC podem ser visualizados na Figura 55, a seguir.

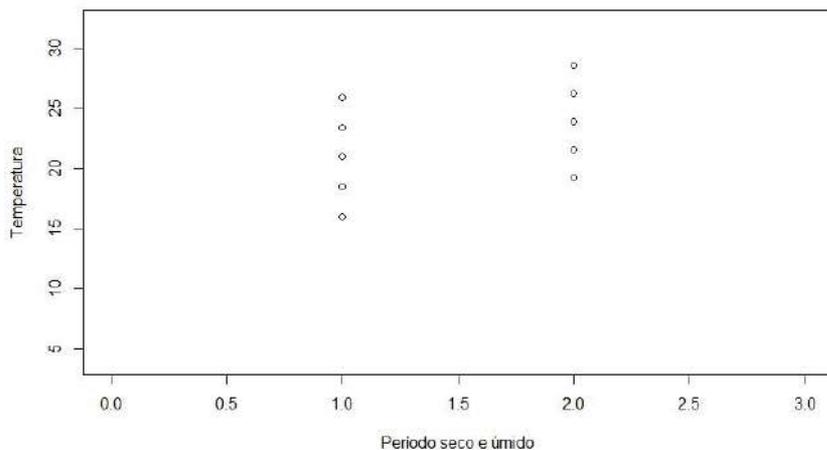


Figura 55 - Gráficos de dispersão da ZC do município de São Paulo - SP, relacionando período seco e úmido com a Temperatura de 2022
 Fonte: A autora, 2023

Nesse período, obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 21,032 - 7,39x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = -0,99$ indicando uma correlação muito forte, como mostrado na Figura 56, abaixo.

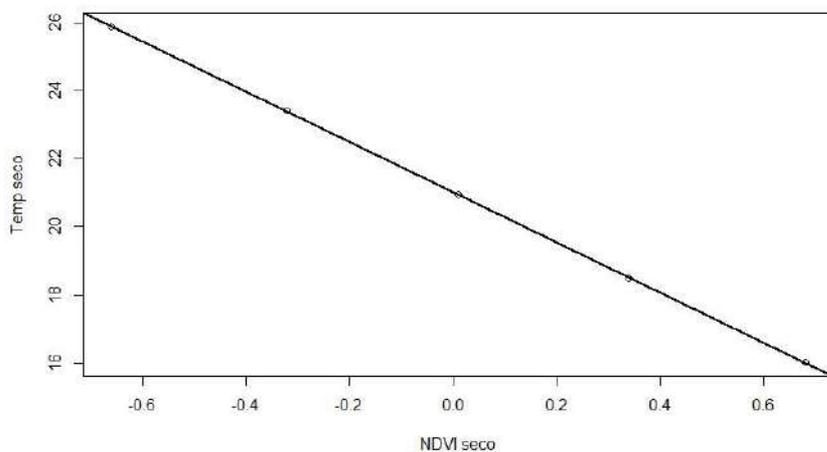


Figura 56 - Gráfico da correlação linear de Pearson da ZC, no mês seco de 2022
 Fonte: A autora, 2022

Para a estação úmida obteve-se a equação da regressão linear: $y = 26,05 - 11,74x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = -0,99$ e indicou uma correlação muito forte, como mostrado na Figura 57, abaixo.

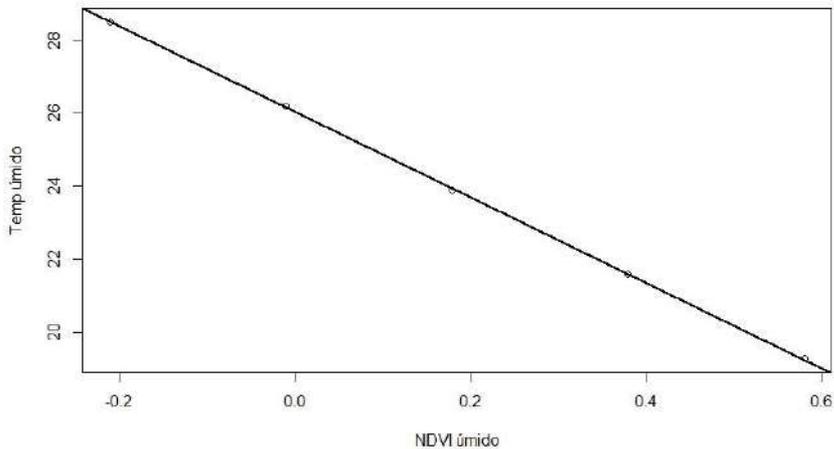


Figura 57 - Gráfico da correlação linear de Pearson da ZC no mês úmido do município de São Paulo - SP, de 2022

Fonte: A autora, 2022

A Figura 58 a seguir relaciona os valores da TST com os meses de estudo dos períodos seco e úmido do ano de 2022 para a ZL.

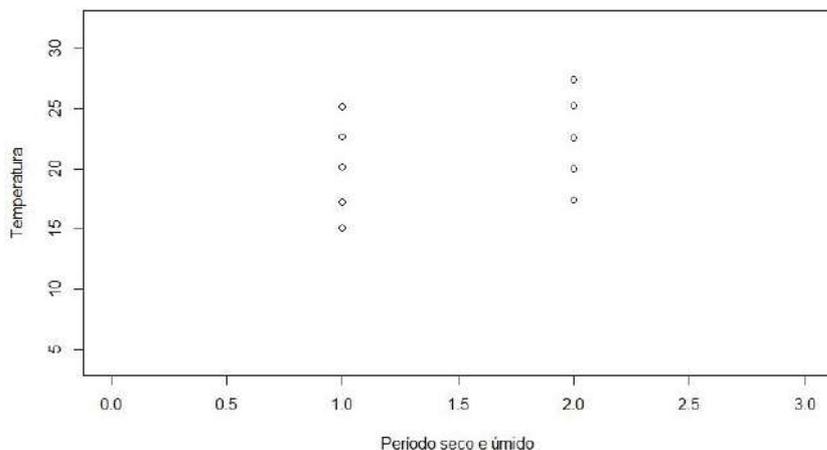


Figura 58 - Gráficos de dispersão da ZL, relacionando período seco e úmido com a Temperatura do município de São Paulo - SP, de 2022

Fonte: A autora, 2023

No período seco, obteve-se a equação da regressão linear: $y = 22,32 - 16,54x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = -0,99$ e indicou uma correlação muito forte, como mostra a Figura 59 a seguir.

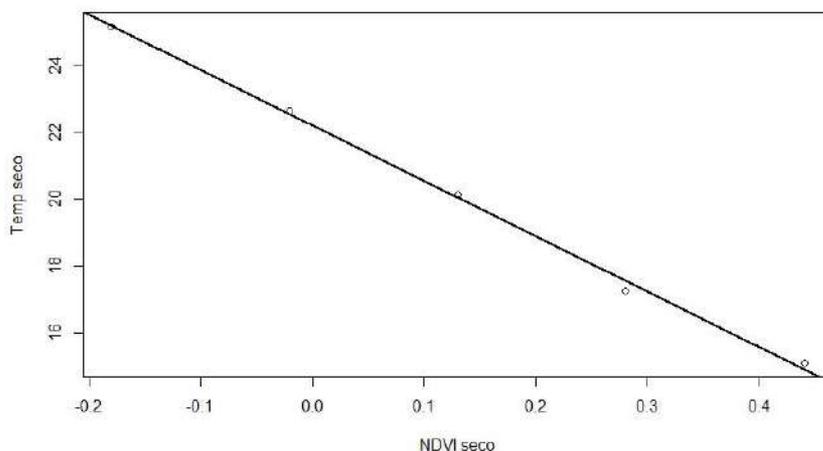


Figura 59 - Gráfico da correlação linear de Pearson da ZL, no mês seco do município de São Paulo - SP, de 2022

Fonte: A autora, 2022

No período úmido teve-se a seguinte equação: $y = 25,74 - 15,41x$ também evidenciando uma correlação muito forte de $-0,99$, conforme mostra a Figura 60 a seguir.

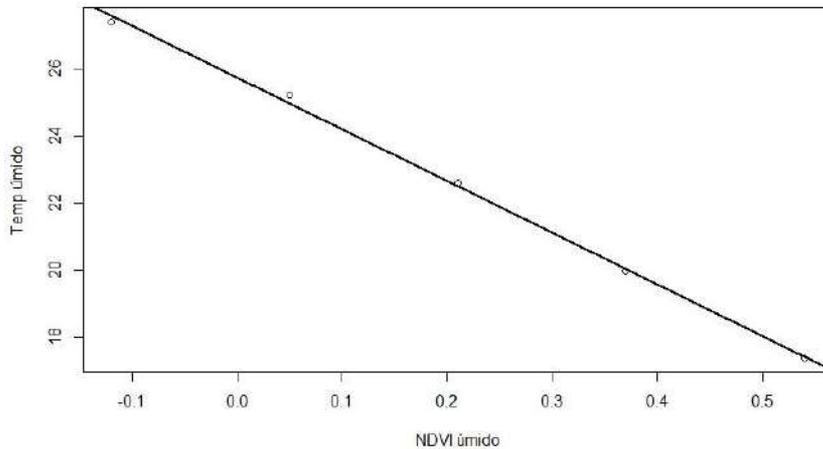


Figura 60 - Gráfico da correlação linear de Pearson da ZL, no mês úmido do município de São Paulo - SP, de 2022
Fonte: A autora, 2022

No ano de 2023, obtiveram-se os seguintes dados da ZC e dados da ZL, respectivamente (Apêndices M, N, O e P).

Posteriormente, no programa R, foram realizados gráficos de dispersão da ZC relacionando os valores da TST com os meses de estudo do período seco e úmido, conforme mostra a Figura 61 a seguir.

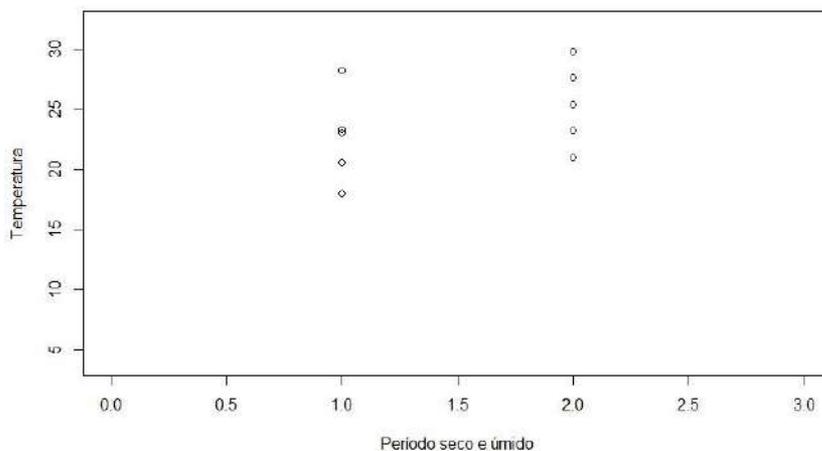


Figura 61 - Gráficos de dispersão da ZC, relacionando período seco e úmido com a Temperatura do município de São Paulo - SP, de 2023

Fonte: A autora, 2023

No período seco, obteve-se a equação da regressão linear: $y = 25,30 - 8,38x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = -0,99$ e indicou uma correlação muito forte, conforme mostra a Figura 62 a seguir.

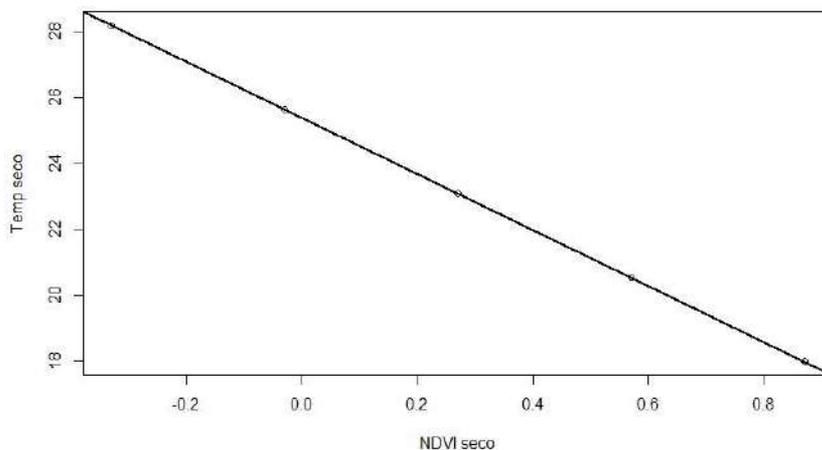


Figura 62 - Gráfico da correlação linear de Pearson da ZC, no mês seco do município de São Paulo - SP, de 2023

Fonte: A autora, 2023

No período úmido, obteve-se a equação da regressão linear: $y = 28,75 - 8,98x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = -0,99$ indicando uma correlação muito forte conforme mostrado na Figura 63 abaixo.

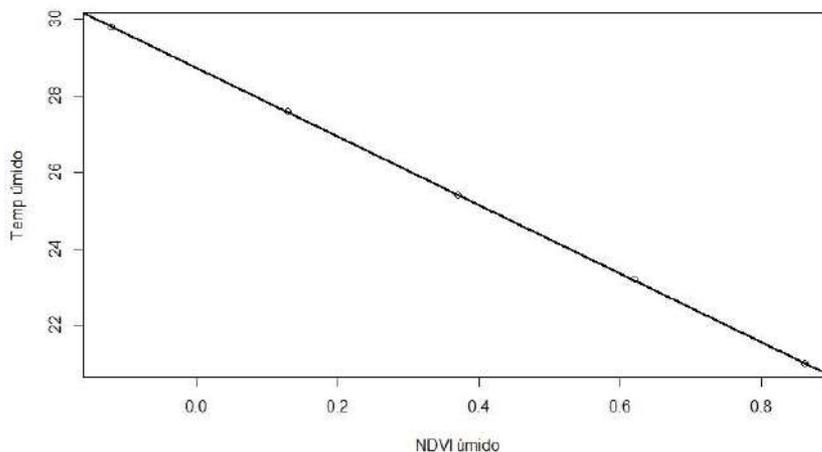


Figura 63 - Gráfico da correlação linear de Pearson da ZC, no mês seco do município de São Paulo - SP, de 2023
Fonte: A autora, 2023.

A seguir o gráfico de dispersão relaciona os valores da TST com os meses de estudo dos períodos seco e úmido do ano de 2023 para a ZL, conforme mostra a Figura 64 abaixo.

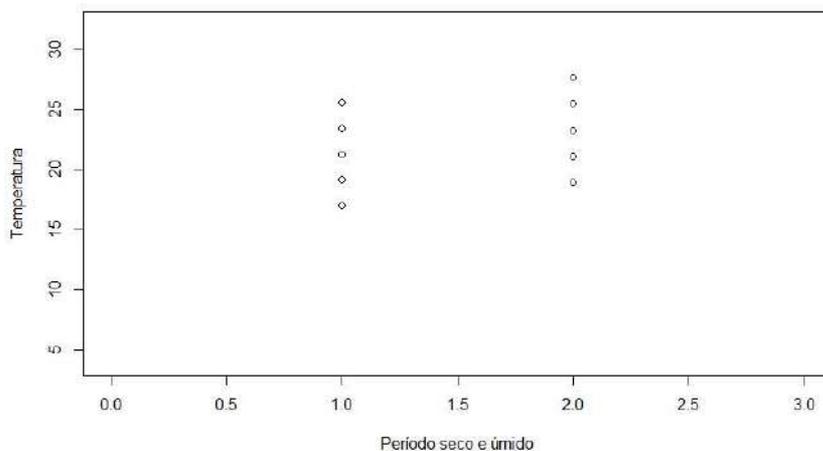


Figura 64 - Gráficos de dispersão da ZL, relacionando período seco e úmido com a Temperatura do município de São Paulo - SP, de 2023

Fonte: A autora, 2023

No período seco, obteve-se a equação da regressão linear: $y = 22,66 - 6,16x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = -0,99$ e indicou uma correlação muito forte, conforme mostra a Figura 65 a seguir.

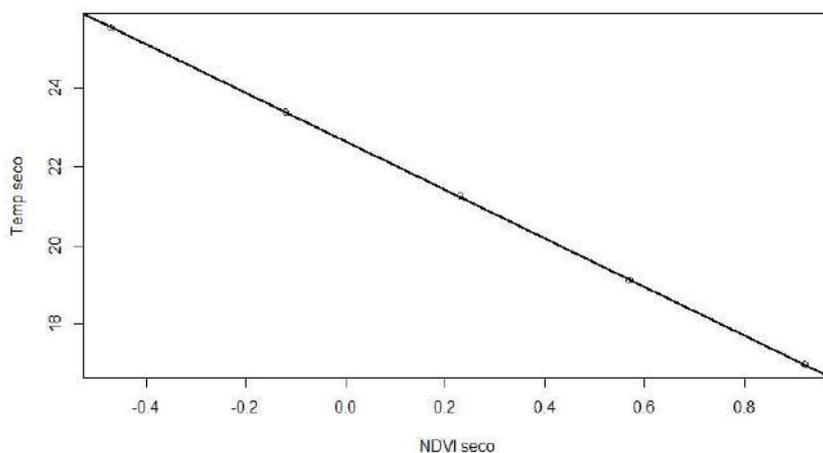


Figura 65 - Gráfico da correlação linear de Pearson da ZL, no mês seco do município de São Paulo - SP, de 2023

Fonte: A autora, 2023

Para o período úmido, obteve-se a equação obtida da regressão linear: $y = 25,48 - 7,32x$. O resultado da correlação linear de Pearson foi $r = -0,99$ e indicou uma correlação muito forte negativa conforme mostra a Figura 66 abaixo.

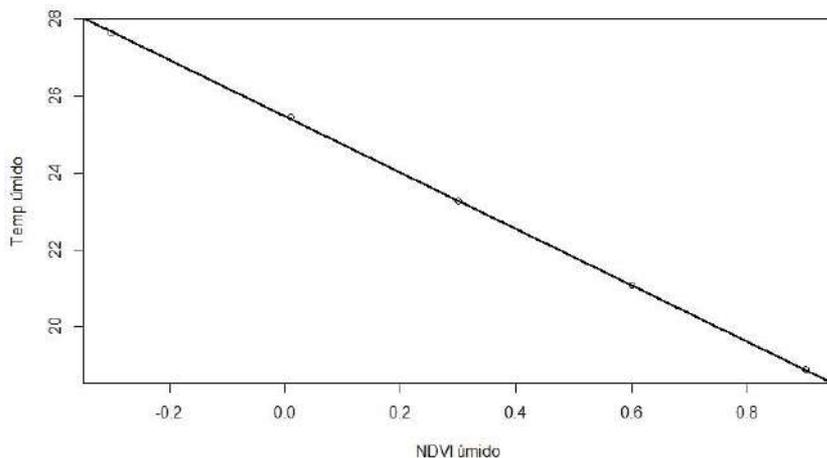


Figura 66 - Gráfico da correlação linear de Pearson da ZL, no mês úmido do município de São Paulo – SP, de 2023
Fonte: A autora, 2023

4.2.2 Boxplot

Antes de gerar os gráficos boxplot gerou-se um gráfico de dispersão com linhas de tendência para ambos os períodos, seco e úmido. Ajustou-se o modelo de regressão linear aos dados do NDVI em função da Temperatura °C (Temp) nos períodos seco e úmido dos anos de 2020, 2022 e 2023, conforme mostrado na Figura 67 abaixo.

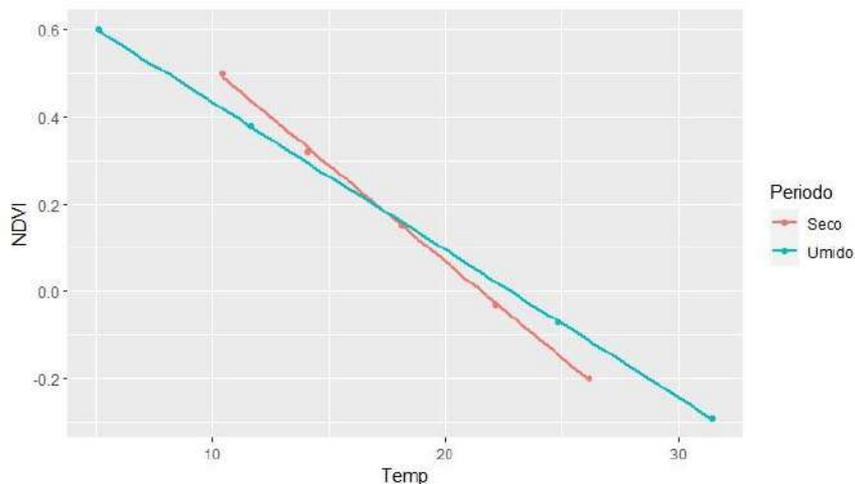


Figura 67 - Gráficos de dispersão, relacionando a Temperatura e o NDVI nos períodos seco e úmido de 2020 no município de São Paulo - SP
 Fonte: A autora, 2023

Em ambos os períodos pode-se observar uma forte correlação negativa entre os valores da Temperatura e os valores do NDVI. No período seco, obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 0,95 - 0,04x$. No período úmido obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 0,77 - 0,33x$. O resultado das correlações de Pearson foi $r = -0,99$ para os dois períodos e indicou que quanto mais alto o valor da temperatura, mais baixo é o valor do NDVI, confirmando o que vemos na Figura 68.

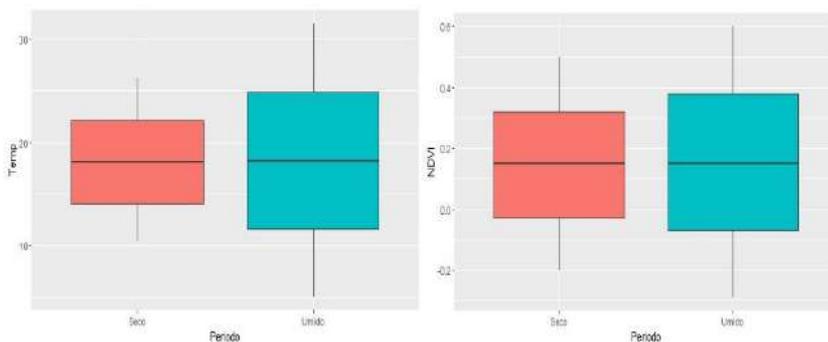


Figura 68 - Boxplots comparando a distribuição dos dados de Temperatura e NDVI nos períodos seco e úmido de 2020 no município de São Paulo - SP
 Fonte: A autora, 2024

Os boxplots apresentados na Figura 91 acima, retratam a distribuição das variáveis de interesse, Temperatura (TEMP) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), nos períodos seco e úmido do município de São Paulo, respectivamente.

Ao analisar as medianas, observamos que ambas estão muito próximas para os períodos seco e úmido, indicando que em média não há uma variação significativa entre os dois períodos tanto para a temperatura quanto para o NDVI. Isso sugere uma estabilidade nas condições climáticas e nas condições de vegetação durante os períodos observados.

A amplitude um pouco maior no período úmido, tanto para temperatura quanto para NDVI, pode indicar uma maior variabilidade nas condições ambientais durante esse período. Esse aumento na amplitude pode estar relacionado a eventos climáticos, como chuvas intensas ou variações na cobertura de nuvens, que impactam diretamente as variáveis analisadas.

A ausência de valores discrepantes nos boxplots sugere que os dados são relativamente homogêneos, sem a presença de pontos extremos que poderiam distorcer a interpretação das estatísticas resumidas. Isso reforça a consistência nas observações, fornecendo confiabilidade às conclusões derivadas desses dados.

Em 2022, obteve-se o seguinte gráfico de dispersão com linha de tendência para ambos os períodos, como mostra a Figura 69 abaixo.

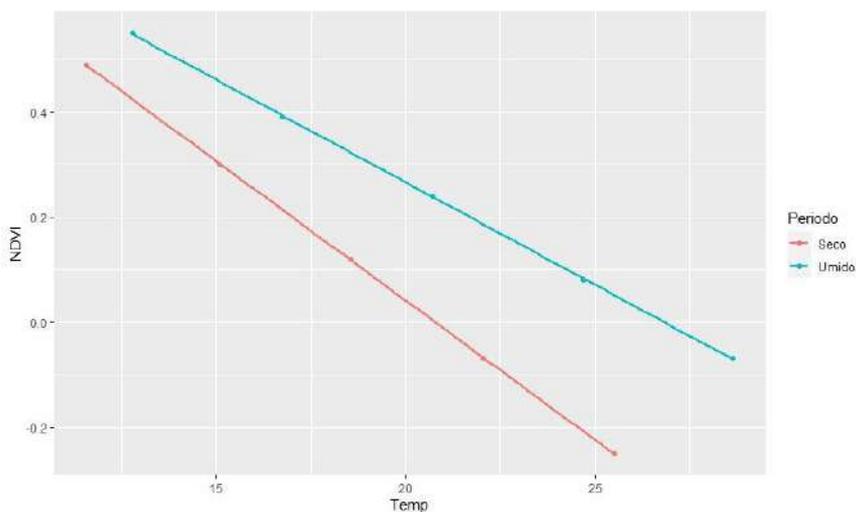


Figura 69 - Gráficos de dispersão, relacionando a Temperatura e o NDVI nos períodos seco e úmido de 2022 no município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2023

Em ambos os períodos pode-se observar uma forte correlação negativa entre os valores da temperatura e os valores de NDVI. No período seco, obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 1,1 - 0,05x$. No período úmido obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 1,05 - 0,04x$. O resultado das correlações de Pearson foi $r = -0,99$ para os dois períodos, e isso indicou que quanto mais alto o valor da temperatura mais baixo é o valor do NDVI, confirmando o que mostra a Figura 70 abaixo.

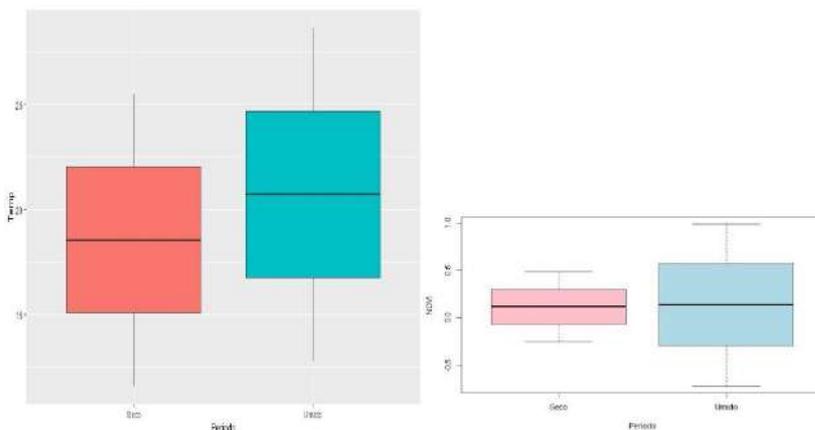


Figura 70 - Boxplots comparando a distribuição dos dados de Temperatura e NDVI nos períodos seco e úmido de 2022

Fonte: A autora, 2024

Os boxplots apresentados na Figura 93 acima, retratam a distribuição das variáveis de interesse, Temperatura (TEMP) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), nos períodos seco e úmido do município de São Paulo, respectivamente para o ano de 2022.

A respeito das medianas dos dados da temperatura e NDVI, verifica-se que para ambos os períodos a distribuição é simétrica. Porém, tanto para a temperatura quanto NDVI o período úmido atingiu maiores valores. Este fato pode ter ocorrido devido a uma maior variabilidade nas condições ambientais durante esse período, que pode estar relacionada a eventos climáticos como chuvas intensas ou variações na cobertura de nuvens, que impactam diretamente as variáveis analisadas.

Verificando os valores que os dados assumem no boxplot, nota-se são maiores no período úmido, a temperatura obteve-se a máxima de 25 graus comprovando o aumento da temperatura na época de verão, e no caso do NDVI o percentual foi de 0,4 que indica que aumentou um pouco em relação ao seco, mostrando que na época úmida as plantas têm maior vigor. Porém, sem a presença de pontos

discrepantes que poderiam distorcer a interpretação das estatísticas resumidas.

Considerando o ano de 2023, obteve-se a seguinte linha de tendência como mostra a Figura 71, abaixo.

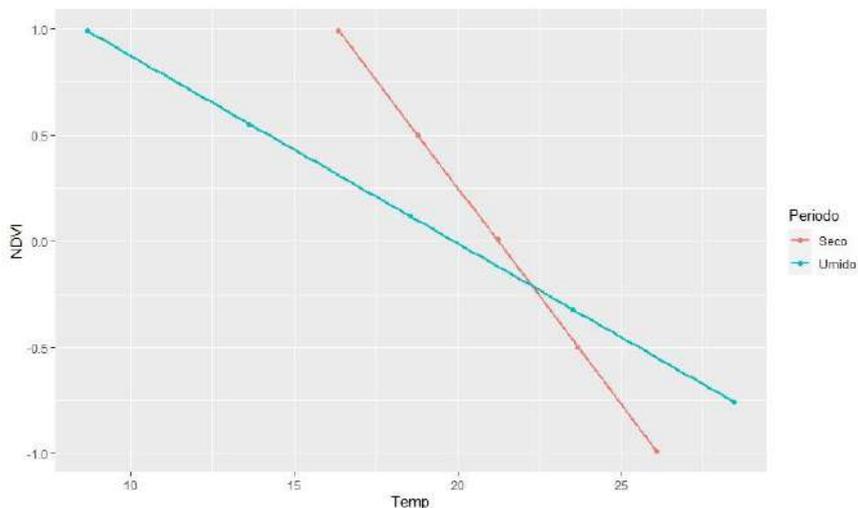


Figura 71 - Gráficos de dispersão, relacionando a Temperatura e o NDVI nos períodos seco e úmido de 2023 no município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2023

Em ambos os períodos pode-se observar uma forte correlação negativa entre temperatura e NDVI. No período seco, obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 4,33 - 0,2x$. No período úmido obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 1,76 - 0,09x$. O resultado das correlações de Pearson foi $r = -0,99$ para os dois períodos, indicando que quando mais alto os valores da temperatura mais baixos são os valores do NDVI, confirmando o que é mostrado na Figura 72, abaixo.

Para o ano de 2020 e também para o ano de 2023, observa-se que as linhas de tendência se cruzam, fornecendo um ponto de intersecção entre os dois períodos, seco e úmido. Esse ponto indica

que uma dada temperatura o valor de NDVI é igual para ambos os períodos.

Os boxplots apresentados na Figura 72 abaixo e retratam a distribuição das variáveis de interesse, TEMP e NDVI para os períodos seco e úmido, do ano de 2023 do município de São Paulo.

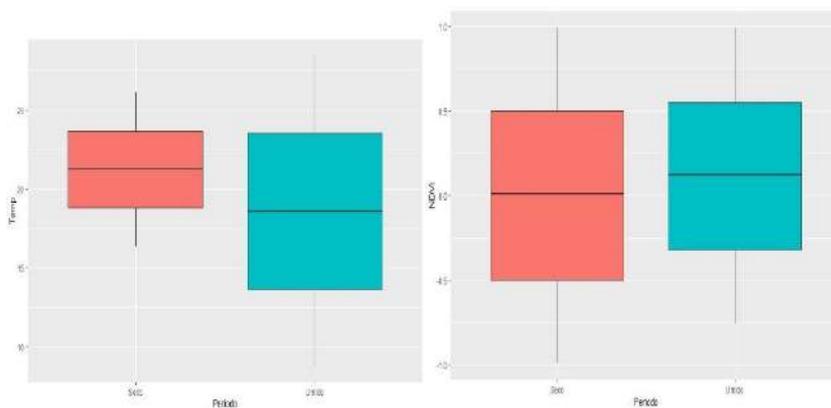


Figura 72 - Boxplots comparando a distribuição dos dados de Temperatura e NDVI nos períodos seco e úmido de 2023 no município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2024

Ao analisar a distribuição das duas variáveis, pode-se observar que em ambas o período seco apresentou menor amplitude dos dados. As medianas também não foram próximas, sendo que no caso do mês úmido a mediana está próxima, porém o período foi de grande amplitude térmica, tendo grande variação entre os valores da temperatura mínima e máxima.

No caso do NDVI, ambas apresentaram uma mediana similar, próxima à zero. O vigor da planta no mês úmido é um pouco maior e seu valor mínimo não é tão representativo como o valor mínimo do mês seco, verificando a falta de chuva nos dois períodos.

Segundo o INMET (2023), o ano de 2023 apresentou pouca precipitação no município de São Paulo, com 88,7 milímetros (mm) de chuva no período de inverno na estação seca, ficando 42% abaixo da média sazonal para a época, que é de 154 mm. A temperatura atingida no inverno foi elevada para o período, com valor recorde

desde 1961 e a maior temperatura foi de 34,7°C, no último dia da estação (22/09). Ao todo, a capital teve seis dias consecutivos com temperatura acima de 30°C durante a estação, tendo uma onda de calor que atingiu todo sudeste do país, com temperaturas na semana acima de 5°C da média.

A ausência de valores discrepantes nos boxplots sugere que os dados são relativamente homogêneos, sem a presença de pontos extremos que poderiam distorcer a interpretação das estatísticas resumidas. Isso reforça a consistência nas observações, fornecendo confiabilidade às conclusões derivadas desses dados.

Posteriormente, foi feita a análise estatística da linha de tendência e boxplot da ZC e ZL dos anos de 2022 e 2023. Sendo que em 2022 na ZC obteve-se a linha para os períodos seco e úmido como mostra a Figura 73 abaixo.

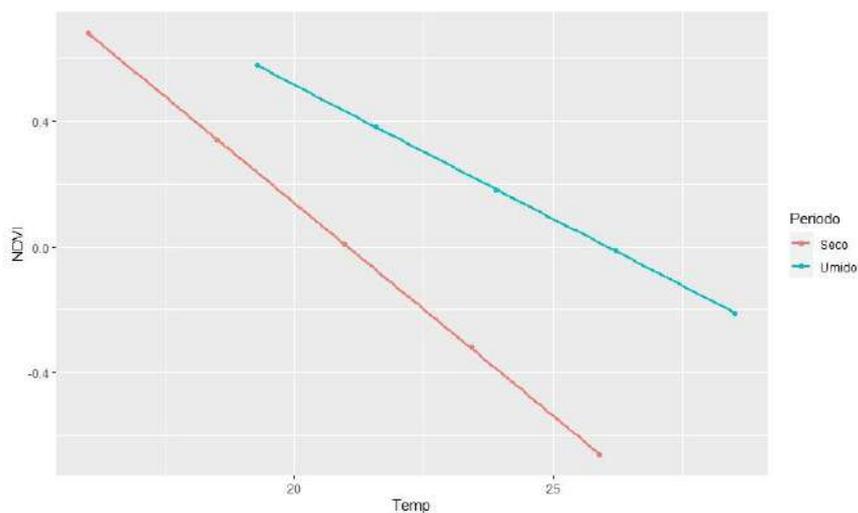


Figura 73 - Gráficos de dispersão, relacionando a Temperatura e o NDVI nos períodos seco e úmido de 2022 na ZC do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2024

Em ambos os períodos pode-se observar uma forte correlação negativa entre os valores da temperatura e os valores do NDVI. No

período seco obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 2,85 - 0,14x$. No período úmido obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 2,22 - 0,09x$. O resultado das correlações de Pearson foi $r = -0,99$ para os dois períodos e indicou que quando mais alta a temperatura, mais baixo é o NDVI, confirmando o que mostra a Figura 73 acima.

Os boxplots apresentados na Figura 74 abaixo, retratam a distribuição das variáveis de interesse, Temperatura (TEMP) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), nos períodos seco e úmido da ZC do município de São Paulo, respectivamente.

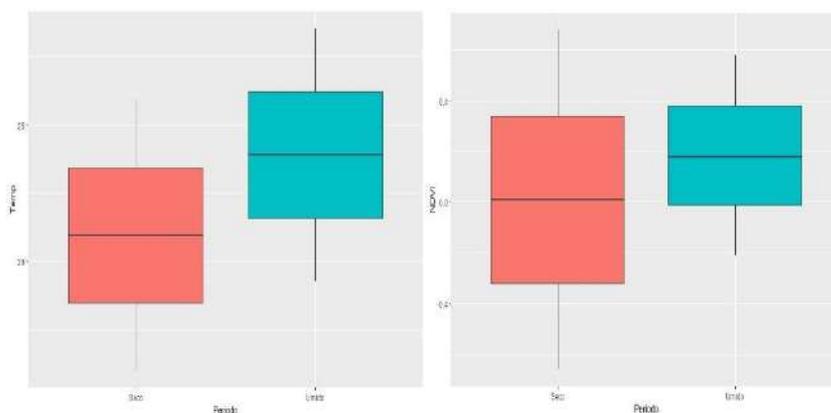


Figura 74 - Boxplots comparando a distribuição dos dados de Temperatura e NDVI nos períodos seco e úmido de 2022 da ZC do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2024

Ao analisar a distribuição das duas variáveis pode-se observar que em ambas, o período seco apresentou menor amplitude dos dados. As medianas também não foram próximas, sendo que no caso do mês úmido a mediana está próxima, porém o período foi de grande amplitude térmica, tendo grande variação entre a mínima e a máxima.

Verificando os valores que os dados assumem no boxplot são maiores no período úmido, a temperatura obteve-se acima de 26 graus comprovando o seu aumento na época de verão. Em termo de

valores de NDVI, no seco o maior índice foi próximo de 0,4 assim como o mês úmido, demonstrando que foi um ano que não choveu muito na ZC mesmo no verão. Porém, sem a presença de pontos discrepantes que poderiam distorcer a interpretação das estatísticas resumidas.

Segundo o INMET (2022), consta que nesse ano houve destaque para o período seco em São Paulo 2022 com total anual de 1.483,4mm ficando 117,7 mm abaixo da média climática da estação (1.601,1 mm), o que se exacerbou ainda mais na ZC devido a sua área construída e falta de vegetação

Em 2022 na ZL, obteve a seguinte linha para os períodos seco e úmido como mostra a Figura 75 abaixo.

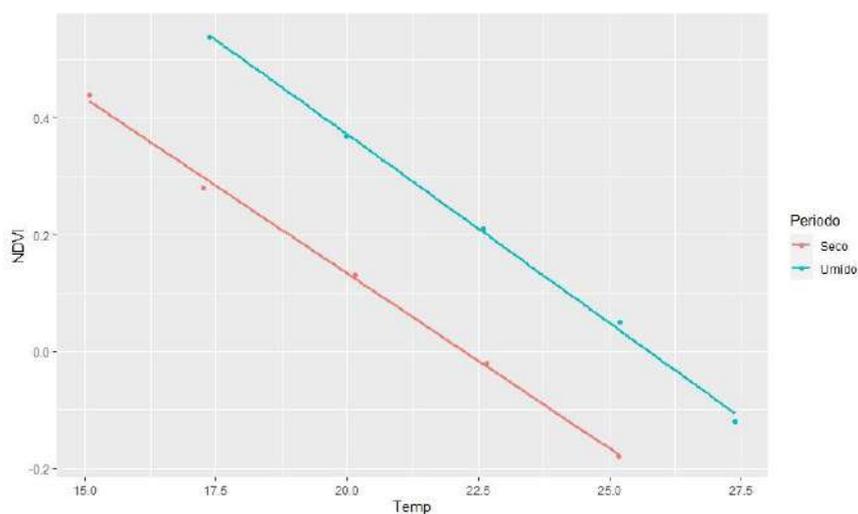


Figura 75 - Gráficos de dispersão, relacionando a Temperatura e o NDVI nos períodos seco e úmido de 2022 na ZL do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2024

Em ambos os períodos pode-se observar uma forte correlação negativa entre os valores de temperatura e os valores de NDVI. No período seco, obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 1,34 - 0,06x$. No período úmido obteve-se a seguinte equação da

regressão linear: $y = 1,67 - 0,06x$. O resultado das correlações de Pearson foi $r = -0,99$ para os dois períodos e indicou que quanto mais altos os valores da temperatura, mais baixos são os valores do NDVI, confirmando o que mostra a Figura 76 abaixo.

Os boxplots apresentados na Figura 76 retratam a distribuição das variáveis de interesse, Temperatura (TEMP) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), nos períodos seco e úmido da ZL do município de São Paulo, respectivamente.

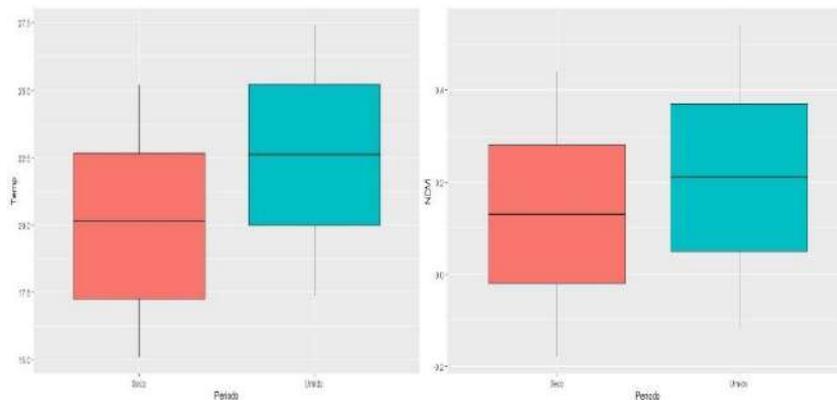


Figura 76 - Boxplots comparando a distribuição dos dados de Temperatura e NDVI nos períodos seco e úmido de 2022 da ZL do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2024

Ao analisar a distribuição das duas variáveis, pode-se observar que em ambas, nos dois períodos apresentam alta amplitude de dados. As medianas também não foram próximas, no caso do mês úmido a mediana está próxima, porém tanto o período úmido como o período seco foram de grande amplitude térmica, tendo grande variação entre a temperatura mínima e a máxima.

Verificando os valores que os dados assumem no boxplot são maiores no período úmido, a temperatura obteve-se $27,5^{\circ}\text{C}$, comprovando o aumento da temperatura na época de verão. Em termos de valores de NDVI, no período seco o maior índice foi próximo de 0,3 e no mês úmido atingiu maior índice de 0,4. Este fato pode ter ocorrido devido a uma maior variabilidade nas condições

ambientais durante esse período, que pode estar relacionada a eventos climáticos como chuvas intensas ou variações na cobertura de nuvens, que impactam diretamente as variáveis analisadas.

A ausência de valores discrepantes nos boxplots sugere que os dados são relativamente homogêneos, sem a presença de pontos extremos que poderiam distorcer a interpretação das estatísticas resumidas. Isso reforça a consistência nas observações, fornecendo confiabilidade às conclusões derivadas desses dados.

No ano de 2023, obteve-se a seguinte linha de tendência para a ZC conforme mostra a Figura 77 a seguir.

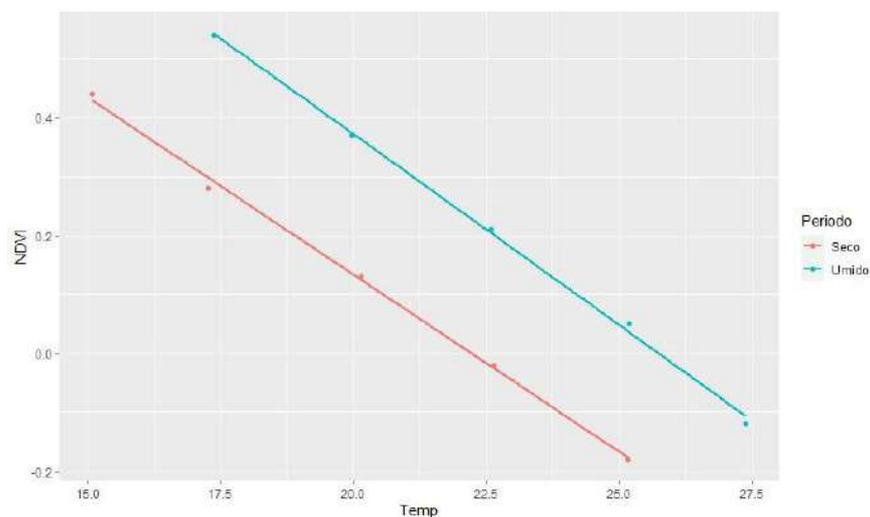


Figura 77 - Gráficos de dispersão, relacionando a Temperatura e o NDVI nos períodos seco e úmido de 2023 na ZC do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2024

Em ambos os períodos pode-se observar uma forte correlação negativa entre os valores da temperatura e os valores do NDVI. No período seco, obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 1,34 - 0,06x$. No período úmido obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 1,67 - 0,06x$. O resultado das correlações de Pearson foi $r = -0,99$ para os dois períodos e indicou que quando

mais alto os valores da temperatura, mais baixo são os valores NDVI, confirmando o que é mostrado na Figura 78.

Os boxplots apresentados na Figura 78 retratam a distribuição das variáveis de interesse, Temperatura (TEMP) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), nos períodos seco e úmido da ZC do município de São Paulo, respectivamente.

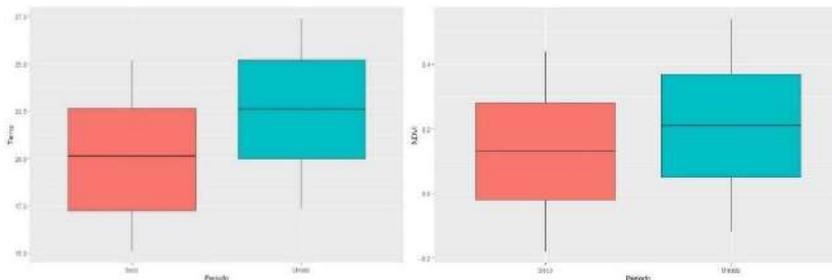


Figura 78 - Boxplots comparando a distribuição dos dados de Temperatura e NDVI nos períodos seco e úmido de 2023 da ZC do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2024

Ao analisar a distribuição das duas variáveis pode-se observar que em ambas, o período seco apresentou menor amplitude dos dados. As medianas também não foram próximas, sendo que no caso do mês úmido a mediana está próxima, porém o período foi de grande amplitude térmica, tendo grande variação entre a mínima e a máxima.

No caso do NDVI, ambas apresentaram uma mediana similar próxima à 0,2. O vigor da planta no mês úmido é um pouco maior e sua mínima não é tão representativa como a mínima do mês seco, verificando a falta de chuva nos dois períodos. Porém, sem a presença de pontos extremos que poderiam distorcer a interpretação das estatísticas resumidas. Isso reforça a consistência nas observações, fornecendo confiabilidade às conclusões derivadas desses dados.

No ano de 2023, obteve-se a seguinte linha de tendência para a ZL conforme mostra a Figura 79 abaixo.

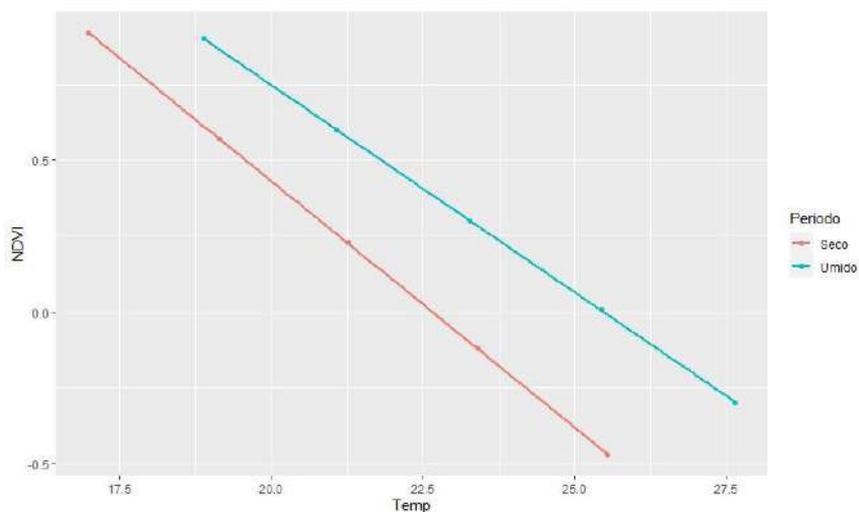


Figura 79 - Gráficos de dispersão, relacionando a Temperatura e o NDVI nos períodos seco e úmido de 2023 na ZL município de São Paulo - SP
 Fonte: A autora, 2024

Em ambos os períodos pode-se observar uma forte correlação negativa entre os valores da Temperatura e os valores do NDVI. No período seco, obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 3,68 - 0,16x$. No período úmido obteve-se a seguinte equação da regressão linear: $y = 3,48 - 0,14x$. O resultado das correlações de Pearson foi $r = -0,99$ para os dois períodos e indicou que quando mais alto os valores da temperatura, mais baixo são os valores do NDVI, confirmando o que é mostrado na Figura 80.

Os boxplots apresentados na Figura 80 retratam a distribuição das variáveis de interesse, Temperatura (TEMP) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), nos períodos seco e úmido da ZL do município de São Paulo, respectivamente.

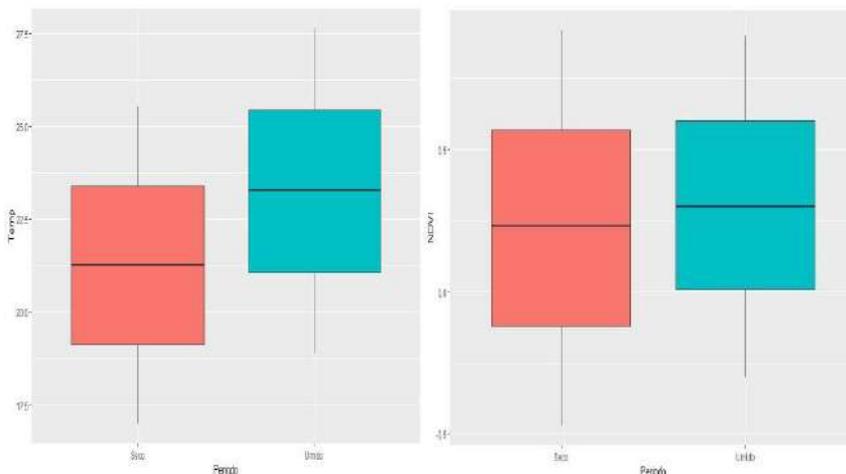


Figura 80 - Boxplots comparando a distribuição dos dados de Temperatura e NDVI nos períodos seco e úmido de 2023 da ZL do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2024

Ao analisar a distribuição das duas variáveis, pode-se observar que em ambas, os períodos secos e úmidos apresentaram grande amplitude dos dados. As medianas também não foram próximas no caso da temperatura, sendo que no caso do mês úmido a mediana da temperatura está próxima, porém o período foi de grande amplitude térmica, tendo grande variação entre a mínima e a máxima. No período úmido a temperatura máxima foi 25°C enquanto a temperatura mínima ficou próxima a 17,5°C, e no período seco a máxima foi 22,5 graus e mínima 21 graus.

No caso do NDVI, ambas apresentaram uma mediana similar próxima à 0,2. O vigor da planta no mês úmido é similar ao mês seco, sendo que apenas a mínima é representativa do mês seco e comprova a falta de chuva nos dois períodos naquele ano e evidencia na ZC alta área construída.

Porém, não possui a presença de pontos extremos que poderiam distorcer a interpretação das estatísticas resumidas. Esse fato reforça a consistência nas observações, fornecendo confiabilidade às conclusões derivadas desses dados.

4.3 Constatação de eventos extremos na cidade de São Paulo

Atualmente, constatou-se dois marcos de eventos extremos na cidade de São Paulo, sendo no dia 3/11/2023 e no dia 13/11/2023, o que consta ser a primavera, neste ano houve uma configuração de intenso verão e ressalta a importância do planejamento urbano para que estes desastres sejam evitados e para que as árvores cumpram seu papel de promoção de serviços ecossistêmicos.

No dia 3 de novembro foi marcado por intensa chuva na capital, o que resultou em 7 mortes no estado de São Paulo e na cidade de São Paulo 2 mortes, e destas, foram na ZL devido à queda das árvores nos veículos, comprovando o mal planejamento da ZL ambiental e social e má manutenção desta arborização urbana. Constatou-se que os ventos chegaram a 103,7 km/h, os mais fortes já registrados pelo Centro de Gerenciamento de Emergência (CGE) desde 1995, que foi criado (G1 SP — São Paulo, 2023).

Os especialistas ambientais e paisagistas, destacam alguns exemplos da má conduta do manejo de árvores, que podem resultar nesta fatalidade. Entre elas: calçadas e canteiros estreitos para árvores de grande porte, árvores doentes por cupins ou fungos, que não são monitoradas, podas mal realizadas, ou não são feitas ou são feitas drasticamente, falta de acompanhamento de toda a flora da cidade, suscetível aos ventos fortes e chuvas (G1 SP — São Paulo, 2023).

Assim, como destaca Herzog (2023), mundialmente, muitas cidades reconhecem que a natureza é essencial para os ambientes urbanos, visto seu aumento de resiliência para combate dos desafios climáticos, porém há uma lacuna na compreensão geral de todos os benefícios que as áreas verdes, em especial as árvores podem trazer no meio urbano e estas devem ser bem manejadas.

Segundo entrevista de Demóstenes Ferreira da Silva Filho (2023), onde há uma densidade maior de área construída, com mais prédios, são as regiões onde caem mais árvores, devido à falta que predomina da conformação adequada da calçada para implantar as árvores, sendo que as cidades necessitam de mais árvores pelos seus benefícios, como

o aumento da sombra nas vias públicas, diminuindo o calor das cidades. As calçadas não deveriam ser compactadas o que prejudica as raízes das árvores que precisam de espaços profundos para se desenvolverem e os canteiros são pequenos, assim as raízes não tem a sustentação adequada, sendo mais frábil e caindo nas bases. Necessita de gestão na arborização urbana, com investimento em todas as árvores viárias, atualizar a fiação elétrica, fazer o inventário e censo arbóreo de toda a cidade, com georreferenciamento e catálogo de espécie e condições mecânicas e visar a ampliação da sombra com a melhoria do microclima da cidade. Ainda destaca que a grande área do município de São Paulo, a ZL que é extremamente quente e pobre na arborização viária, precisa desse investimento para sua melhoria socioambiental, carecendo de IV.

No dia 13 de novembro, a cidade de São Paulo foi marcada por uma intensa onda de calor, registrando 37,7°C na estação meteorológica do Mirante de Santana, na ZN da capital pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), que faz medições desde 1943. Esta temperatura foi recorde desde 1943, na cidade, pelo segundo dia consecutivo, que foi no domingo de 37,1°C (12 de novembro) (Tempo Agora - UOL, 2023).

Segundo notícias do CGESP (2023) do dia 13/11/2023:

Nesta segunda-feira (13) foi registrada a maior temperatura máxima do ano, do mês de novembro e a maior máxima de todo os históricos do CGE da Prefeitura de São Paulo que mantém informações de temperatura na cidade desde 2004. Foram 37,8°C de média na cidade.

Dessa forma, as áreas naturais no meio urbano vão colaborar para a diminuição da temperatura dessas áreas, com a função das plantas de circular a água, liberando das folhas pela evapotranspiração e suas sombras, especialmente presente nas árvores, refrescam a superfície terrestre. Dessa forma a IV deve ser bem manejada para evitar espécies agressivas como trepadeiras que podem estrangular as árvores, tendo uma biodiversidade nas áreas urbanas, com espécies resilientes nesse meio, respeitando o espaço de desenvolvimentos para essas espécies arbóreas, de diferentes idades e tamanhos que fornecem esse refrescamento da malha urbana (Crown et al. 2023).

4.4 Levantamento da Local Climate Zones

A partir de um levantamento das LCZ do município de São Paulo, pode-se observar o alto adensamento da ZC e ZL. De forma que se tem estudado o volume dos prédios presentes e sua interferência no clima urbano e uso da terra.

Ressalta-se que na malha urbana há quase que uma ínfima de elementos naturais e construídos que trocam energia com o meio circundante e atmosfera. Estudando os elementos do uso e ocupação da terra, relevando a relação geométrica da superfície, pode-se associar aos fenômenos físicos de diferentes escalas do clima urbano (Ferreira, 2021), como nesse tópico a abordagem da volumetria dos prédios de cada distrito da ZC e ZL em relação as tipologias de uso da terra definidas em LCZ (Stewart; Oke, 2012).

Esses elementos trazem soluções para melhoria da distribuição do uso da terra no território, diminuição da ICU, com o aumento das áreas verdes, principalmente com implantação da arborização urbana a fim da promoção da qualidade ambiental e de vida para a população. Atenta-se para a importância da adaptação dos edifícios e áreas urbanas, a implementação de áreas verdes, como meio de aumentar a umidade da área, sendo proativos urbanos (Duarte, 2015).

Dessa forma, foi levantado o mapa para visualização da LCZ, com base no *“World Urban Database”* em todo o município de São Paulo, conforme Figura 81, abaixo.

Local Climate Zones (LCZ - Stewart and Oke)

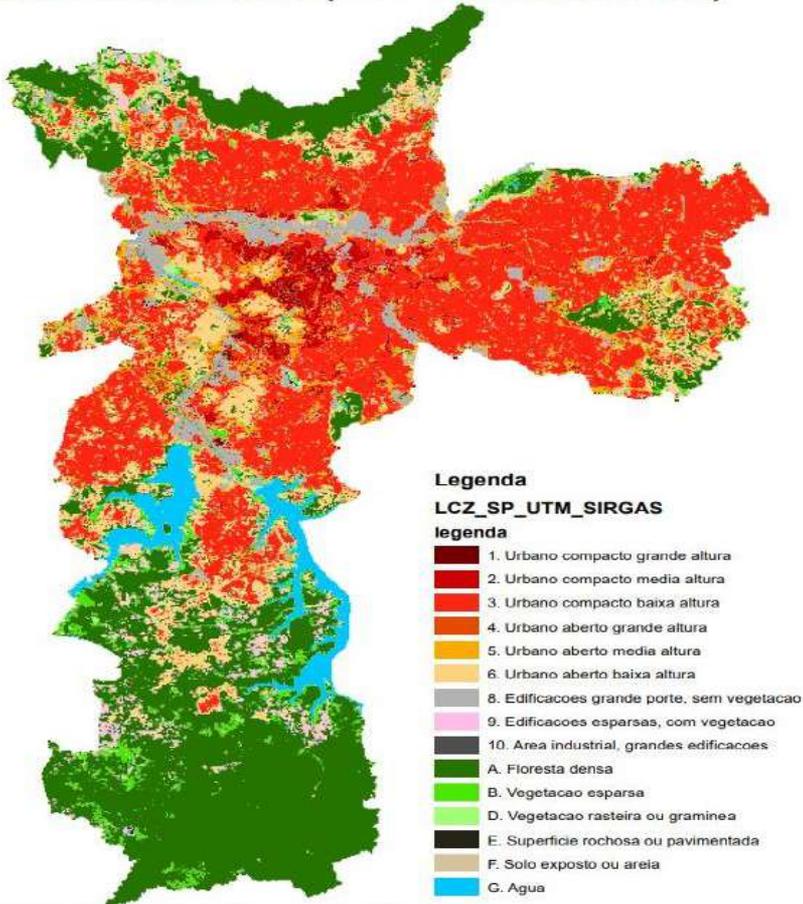


Figura 81 - Mapa "Local Climate Zone" do município de São Paulo - SP
Fonte: Stewart e Oke (2012). Adaptado por: World Urban Database and Access Portal Tools

Adicionalmente, o mapa para visualização da LCZ, com base no "World Urban Database" em todo o município de São Paulo também foi analisado de acordo com as classes dos tipos de construções de 1 a 10, conforme Figura 82 abaixo.

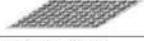
Tipologia Construtiva	Definição
LCZ 1. Alto-compacto	
	Edifícios altos em arranjo compacto. Áreas densamente construídas, com edifícios com mais de 10 pavimentos. Cobertura do solo predominantemente impermeável, com pouca ou nenhuma vegetação. Materiais predominantes: concreto, aço, pedras e vidros.
LCZ 2. Médio-compacto	
	Edifícios de altura média em arranjo compacto. Áreas densamente construídas, com edifícios de 3 a 9 pavimentos. Cobertura do solo predominantemente impermeável, com pouca ou nenhuma vegetação. Materiais predominantes: concreto, pedras, tijolos e materiais cerâmicos.
LCZ 3. Baixo-compacto	
	Edifícios baixos em arranjo compacto. Áreas densamente construídas, com edifícios de 1 a 3 pavimentos. Cobertura do solo predominantemente impermeável, com pouca ou nenhuma vegetação. Materiais predominantes: concreto, pedras, tijolos e materiais cerâmicos.
LCZ 4. Alto-aberto	
	Edifícios altos em arranjo aberto. Áreas de menor adensamento, com edifícios com mais de 10 pavimentos. Abundância de áreas permeáveis (com vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea esparsa). Materiais predominantes: concreto, aço, pedras e vidros.
LCZ 5. Médio-aberto	
	Edifícios de altura média em arranjo aberto. Áreas de menor adensamento, com edifícios de 3 a 9 pavimentos. Abundância de áreas permeáveis (com vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea esparsa). Materiais predominantes: concreto, aço, pedras e vidros.
LCZ 6. Baixo-aberto	
	Edifícios baixos em arranjo aberto. Áreas de menor adensamento, com edifícios de 1 a 3 pavimentos. Abundância de áreas permeáveis (com vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea esparsa). Materiais predominantes: concreto, pedras, tijolos, madeira e materiais cerâmicos.
LCZ 7. Baixo-precário	
	Edifícios baixos e leves, com pouca inércia térmica. Áreas densamente construídas, pouco consolidadas, com edifícios de 1 pavimento. Pouca ou nenhuma vegetação arbórea. Cobertura do solo predominantemente compacta. Materiais predominantes: madeira, palha e metal corrugado.
LCZ 8. Baixo-grande	
	Grandes construções de baixa altura em arranjos abertos. Edifícios de 1 a 3 pavimentos, com cobertura do solo predominantemente impermeável. Materiais predominantes: aço, concreto, metal ou pedra.
LCZ 9. Ocupação esparsa	
	Arranjos esparsos de edifícios de baixa ou média altura em ambientes naturais. Abundância de áreas permeáveis (com vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea esparsa).
LCZ 10. Indústria pesada	
	Estruturas industriais de altura baixa e média (torres, tanques etc.). Cobertura do solo predominantemente impermeável ou compacta. Materiais predominantes: aço, concreto ou metal.

Figura 82 - Tipologias construídas da LCZ

Fonte: Stewart e Oke (2012). Adaptado por: Ferreira, 2019

Sendo também o mapa para visualização da LCZ baseado no “*World Urban Database*” para todo o município de São Paulo tendo sido analisado de acordo com os tipos de uso da terra do A ao G, como mostra a Figura 83 abaixo.

Tipologia de cobertura do solo	Definição
LCZ A. Veg. Arbórea densa 	Áreas densamente cobertas por vegetação arbórea decídua e/ou perene. Cobertura de solo predominantemente permeável, com vegetação herbácea. Exemplos: florestas naturais ou cultivadas, parques urbanos.
LCZ B. Veg. Arbórea esparsa 	Áreas cobertas por vegetação arbórea esparsa decídua e/ou perene. Cobertura de solo predominantemente permeável, com vegetação herbácea. Exemplos: florestas naturais ou cultivadas, parques urbanos.
LCZ C. Veg. arbustiva 	Áreas cobertas por esparsa vegetação arbustiva e vegetação arbórea de pequeno porte. Cobertura de solo predominantemente permeável (solo exposto ou areia). Exemplo: áreas arbustivas naturais ou áreas de cultivo agrícola.
LCZ D. Veg. herbácea 	Áreas cobertas por vegetação herbácea. Exemplo: pastagens naturais ou cultivadas, áreas agrícolas ou parques urbanos.
LCZ E. Rocha ou pavimento 	Áreas cobertas por rochas ou pavimentos impermeáveis. Pouca ou nenhuma vegetação. Exemplo: rochas expostas e áreas destinadas a transporte.
LCZ F. Solo exposto 	Áreas cobertas por solo exposto ou areia. Pouca ou nenhuma vegetação. Exemplo: desertos ou áreas agrícolas.
LCZ G. Água 	Corpos d'água: oceanos, lagos, rios, represas e lagoas.

Figura 83 - Tipologias uso da terra da LCZ

Fonte: Stewart e Oke (2012). Adaptado por: Ferreira, 2019

O levantamento dessas classes da LCZ, abrangem cobertura semelhante do uso da terra, estrutura, materiais e atividades humanas que atingem grandes áreas com similar temperatura do ar. Assim, foi relacionado na ZC e ZL as suas respectivas tipologias de LCZ com a volumetria dos prédios.

A fim de relacionar com a volumetria dos prédios, TST e NDVI dessas zonas estudadas, o recorte da ZC com o levantamento das tipologias do uso da terra foi empregado, conforme a Figura 84, abaixo.

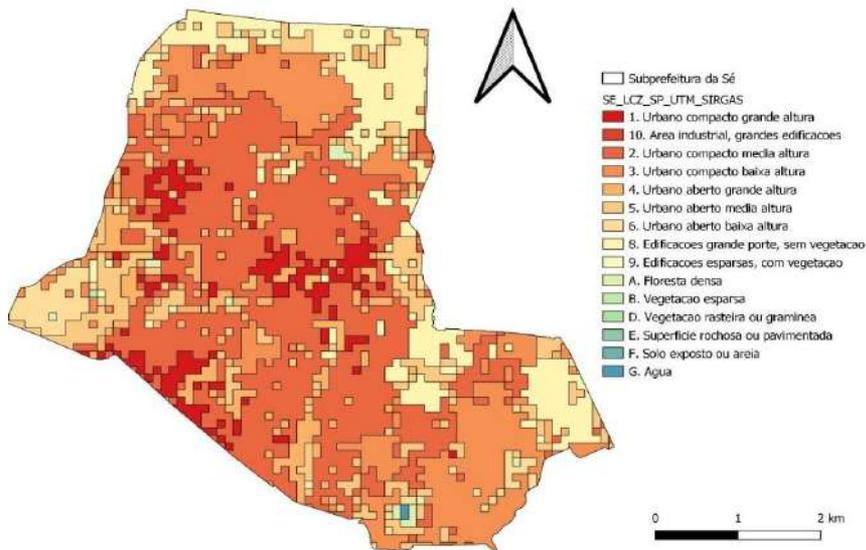


Figura 84 - Tipologias uso da terra da ZC do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2024

O mesmo procedimento também foi aplicado para relacionar com a volumetria dos prédios, TST e NDVI dessas zonas estudadas, com o recorte para a ZL com o levantamento das tipologias do uso da terra, como verifica-se na Figura 85, abaixo.

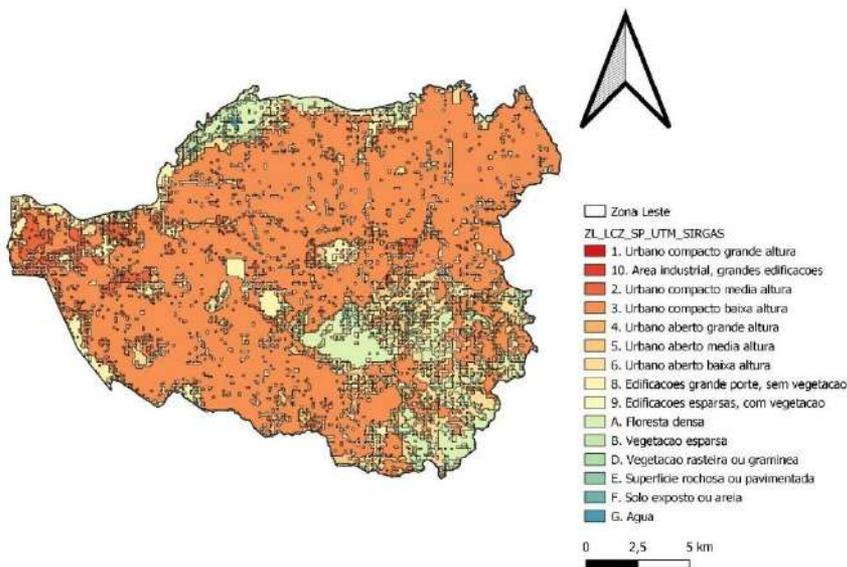


Figura 85 - Tipologias uso da terra da ZL do município de São Paulo - SP
 Fonte: A autora, 2024

Depois nas respectivas zonas estudadas, ZC e ZL, fez-se um levantamento das alturas do prédio, para verificar sua interferência no clima local. Esse estudo se faz importante, pois pode-se verificar os processos de urbanização presentes nessas áreas e sua influência na variação de TST. Pois, a distribuição populacional é composta por diferentes formas urbanas, onde estão associados aspectos sociais, econômicos e culturais (Romero; Paiva; Opazo, 2019).

Assim, pode-se relacionar as imagens termais com as diferentes superfícies terrestres, como nesse caso com a volumetria das edificações presentes na ZC e ZL. Dessa forma de acordo com Ferreira (2021), é possível observar a relação dos efeitos da urbanização (ligado às propriedades geométricas dos materiais) no balanço de energia do ambiente urbano, com o uso de imagens termais relacionando os usos de superfícies, destacando a rugosidade e a heterogeneidade das superfícies urbanas, em particular das construções.

Em estudos urbanos, as imagens termais, associadas a informações dos diferentes tipos de superfície, podem ser utilizadas para a análise e o monitoramento das alterações da cobertura do solo e para a caracterização térmica das superfícies. Neste sentido, possibilitam a observação de uma parte dos efeitos da urbanização (associada às propriedades geométricas e dos materiais) no balanço de energia do ambiente urbano

Para isso realizou-se o levantamento da altura dos prédios, pela volumetria no QGIS, obteve-se os mapeamentos da ZC como mostra a Figura 86, abaixo.

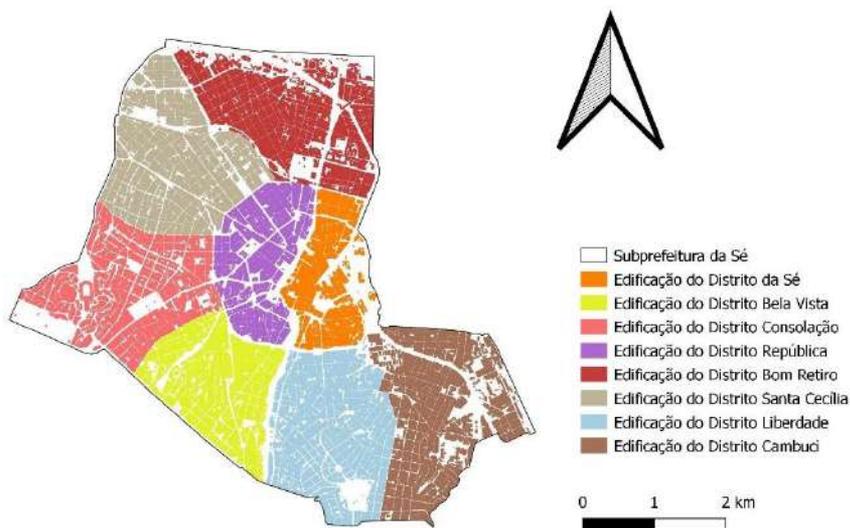


Figura 86 - Configuração da edificação dos Distritos da ZC do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2023

Calculou-se o volume/m³ multiplicando a área pela altura de cada edificação e somando estas para dar o total da volumetria de cada distrito de acordo com a sua distribuição de cada zona estudada, para a ZC conforme mostra a Tabela 10, abaixo.

Tabela 10 - Dados da volumetria dos prédios dos distritos da ZC do município de São Paulo - SP

DISTRITOS DA ZC	VOLUMETRIA (M³)
Sé	15.456.578.603
Bela Vista	19.590.208.939
Consolação	21.025.380.144
República	21.583.162.490
Bom Retiro	14.270.253.752
Santa Cecília	20.881.831.567
Liberdade	15.547.692.523
Cambuci	13.139.516.752

Fonte: A autora, 2023

Na ZC o total da soma de todos os distritos em volumetria das habitações foi de 141.494.624.770 m³, representando essa Zona altamente populosa e edificada, destacando os distritos de República, Consolação e Santa Cecília.

A menor volumetria de edificação obtida foi no distrito de Cambuci pertencente a esta subprefeitura com 13.139.516.752 m³. Ressalta que a sua tipologia de solo predomina urbano aberto de média e grande altura e urbano compactado de baixa altura, além de edificação esparsa com vegetação, não predominando o urbano compactado de grande altura como nos outros distritos da ZC.

O distrito do Bom Retiro tem a volumetria baixa de 14.270.253.752 m³, que predomina a tipologia do uso da terra de edificação esparsa com vegetação, edificação de grande porte sem vegetação e um pouco de vegetação esparsa e rasteira. Vale ressaltar que o Parque Jardim da Luz na região colabora para ocorrência de maior vegetação da área.

Os distritos com maior volumetria são, a República com 21.583.162.490 m³ e Consolação com 21.025.380.144 m³. Na República se prevalece a tipologia do urbano compactado com grande altura, áreas industriais com grandes edificações e urbano compactado

médio e baixa altura, sendo uma área densa de urbanização, como ocorre no distrito da Sé, com 15.456.578.603 m³, a pesar da baixa volumetria, pode ser devido a menor proporção de urbano compactado de grande altura, áreas industriais, predominando o urbano aberto de grande e médio porte e edifício de grande porte sem vegetação.

O distrito da Consolação, há um grande número de prédios, porém predomina a tipologia do uso da terra de urbano compactado de médio e baixa altura, edificações esparsas com vegetação e também vegetação esparsa.

O mesmo procedimento de levantamento da altura dos prédios, pela volumetria no QGIS foi realizado para os mapeamentos da ZL, conforme mostra a Figura 108 abaixo.

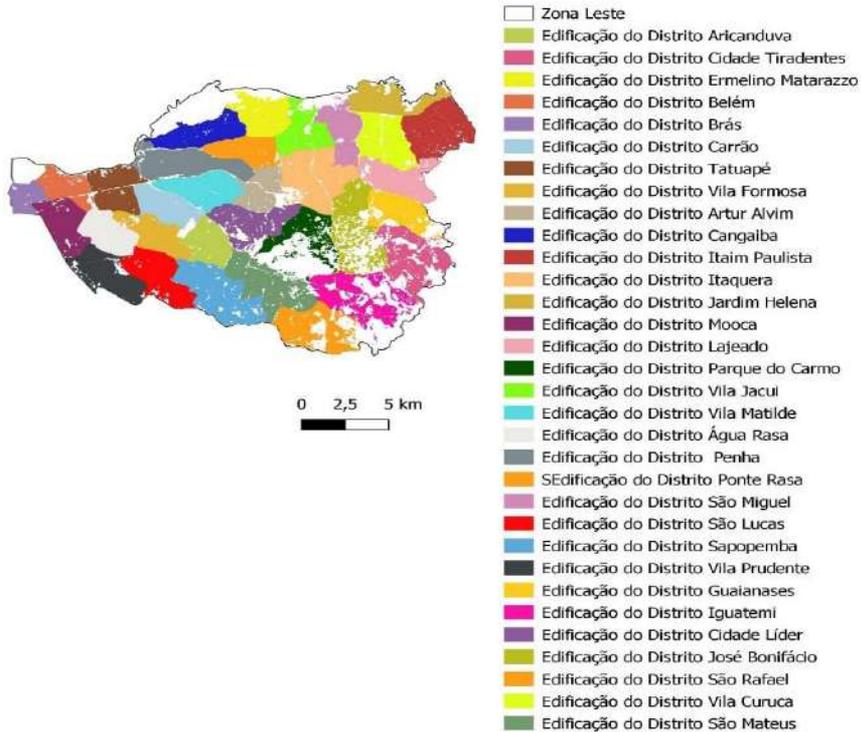


Figura 87 - Configuração da edificação das Subprefeituras da ZL do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2023

De forma que também se calculou-se o volume/m³ multiplicando a área pela altura de cada edificação e somou-se estas variáveis para dar o total da volumetria de cada distrito de acordo com a sua distribuição de cada zona estudada, para a ZL conforme a Tabela 11 abaixo.

Tabela 11 - Dados da volumetria dos prédios dos distritos da ZL do município de São Paulo - SP

DISTRITOS DA ZL	VOLUMETRIA (M³)
Aricanduva	16.492.627.769
Cidade Tiradentes	13.014.853.521
Ermelino Matarazzo	15.839.293.057
Belém	17.762.005.025
Brás	16.253.383.810
Carrão	18.324.334.326
Tatuapé	24.137.290.402
Vila Formosa	18.959.222.780
Artur Alvim	11.690.188.453
Cangaíba	8.020.707.014
Itaim Paulista	22.213.690.367
Itaquera	24.900.237.044
Jardim Helena	12.909.589.917
Mooca	25.870.538.134
Lajeado	15.812.443.696
Parque do Carmo	10.771.713.085
Vila Jacuí	13.535.651.454
Vila Matilde	14.240.871.297
Água Rasa	18.805.677.432
Penha	25.353.755.143
Ponte Rasa	13.413.372.284
São Miguel	13.870.801.877
São Lucas	24.592.162.904
Sapopemba	28.838.925.756
Vila Prudente	21.272.865.835
Guaianases	9.497.508.111
Iguatemi	12.507.288.001
Cidade Líder	16.738.422.474
José Bonifácio	11.963.099.961
São Rafael	13.761.102.955
Vila Curuca	15.213.534.006
São Mateus	20.230.601.434

Fonte: A autora, 2023

Na ZL o total da soma de todos os distritos em volumetria das habitações foi de 410.790.988.061 m³, demonstrando sua alta

densidade populacional e de edificações, com maior concentração nos distritos Sapopemba, Mooca, Penha, Tatuapé e Itaquera.

A menor concentração de edificação na ZL, foi do Parque do Carmo com 10.771.713.085 m³ e, portanto, com maior tipologia de Floresta e Vegetação, conseqüentemente menor temperatura e maior NDVI, mostrando um local de frescor em comparação com seu entorno. Destacando a tipologia de vegetação esparsa, rasteira ou gramínea e a água.

Também com baixa volumetria se destaca o distrito Ermelino Matarazzo na subprefeitura Ermelino Matarazzo, obtendo volumetria de 15.839.293.057 m³, com floresta densa, vegetação esparsa e edificações de grande porte com vegetação, o que auxilia na diminuição da temperatura, destaca-se que o no distrito está a USP Leste.

Assim como, no distrito de Vila Jacuí, pertencente a subprefeitura São Miguel, com volumetria de 13.535.651.454 m³, com vegetação esparsa e urbana compactada de baixa altura.

No distrito Cangaíba, que se encontra na Subprefeitura da Penha, tem uma volumetria de prédios, de 8.020.707.014 m³, porém sua tipologia de uso da terra de edificação esparsa com vegetação, além de vegetação esparsa e rasteira, o que demonstra outro padrão de ocupação recente da expansão territorial urbana, com altas edificações aliadas com áreas de espaço abertos.

As maiores volumetrias das edificações na ZL, foram encontradas no distrito Mooca, presente na Subprefeitura da Mooca, com 25.870.538.135 m³, sendo o uso da terra evidente nesta área sobre Urbano compactado grande altura e área industrial, grandes edificações. O distrito Sapopemba, pertencente a Subprefeitura Vila Prudente, com volumetria de 28.838.925.756 m³ tendo edificações grandes sem vegetação.

Destaca-se, em função a altura dos prédios, que as texturas do conjunto das edificações modificam o vento da área urbana, podem ter a tendência de diminuir ou acelerar a sua velocidade de acordo com a volumetria dos prédios. Além de que as alterações locais do

vento, termais, umidade e radiação colaboram para alterações climáticas locais (Moreno, 2001).

Nas cidades com edificação mais compactada e com mais veículos automotores, se concentram as emissões de poluentes. Sendo que, para a qualidade do ar, o vento é de maior importância para a dispersão de poluentes, transporte de odores, partículas, por isso deve-se pensar na distribuição dos equipamentos urbanos e concentração de partículas poluidoras (Prata, 2005).

Assim, os tipos de construções e edifícios deveriam ser melhores estudados dentro do contexto urbano, o que se tende a ignorar a negligência do fluxo de vento dentro dos cânions formados pelos edifícios, tendo essa simplificação influência sobre a transferência de calor por radiação e convecção e portando no ambiente térmico (Toparlar et al., 2014). Oke (1987) descreve os Cânions como:

Camada urbana no nível das coberturas ou dossel urbano localizada entre o nível dos telhados das edificações e o solo e é produzida por processos microclimáticos que operam nas ruas (cânions) entre os prédios, representando a interação entre a atmosfera e os elementos urbanos (Oke, 1987).

4.4 Abordagem do Geodesign na transformação da paisagem

O mapa de Geodesign foi obtido como visualização da paisagem do município de São Paulo com o acesso aos dados da RMSP, em específico a ZL e ZC. A fim de pensar na reestruturação do território como um todo, o município, na busca de uma paisagem inteligente realizou um *workshop* conjunto com integração dos agentes, predominando laboratórios das faculdades, pesquisadores acadêmicos e gestores ambientais, pequena porção de população residente.

Os dados foram obtidos em *shapefile* na plataforma *online* GeoSampa e realizados pela autora no SIG, como no caso do NDVI e TST. Também obteve-se na bibliografia o mapa de LCZ e depois foram carregados na plataforma GISColab, que se configura em

quatro etapas principais: (1) em uma base geográfica com informações produzidas e armazenadas de forma vetorial, raster ou BDG, (2) em um servidor de mapa Geoserver para a conversão das informações geográficas em webservices, como *Web Image Service* (WMS), (3) seguido de metadados para documentação e distribuição de dados contextualizados, consumo por outras Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE), com pesquisa e resgate de informação, e (4) padronização de documentação, sendo ao final uma plataforma WebMap/WebGIS para visualização das informações registradas em metadados, como organização didática perante o sistema de camada alimentando seus seguintes subconjuntos, para compreender informações necessárias visto o contexto que será estudado e com base no dados alimentados (Moura; Freitas, 2020).

O processo do *workshop* visou conciliar a IV com a Infraestrutura Cinza, no âmbito do ambiente buscou obter um aumento de 30% da arborização urbana colaborando para a diminuição da ICU, no âmbito da mobilidade e no âmbito do clima atingir a ODS e consequentemente aumento da qualidade de vida da população.

A análise considerou os três eixos sendo eixo ambiental, eixo mobilidade e eixo clima. Onde as camadas de informação obtidas no Geosampa, para alimentar a plataforma e trabalhadas no QGIS, para visualização e incluíram as seguintes variáveis.

- **Eixo Ambiental:** para enfatizar a IV, contanto com a Área de Preservação Ambiental, Corredor Ecológico, Parques/Reservas incluindo Parque Estadual; Parque Municipal e Reserva da Mata Atlântica, Unidade de Conservação, NDVI e Hidrografia.

- **Eixo Mobilidades:** para enfatizar o transporte (faixa de ônibus; linha de ônibus; corredor de ônibus; estação de metrô; estação de trem; linha de trem; pontos de bicicletário e paraciclo) e sistema viário (Departamento de Engenharia e Tráfego; vagas de estabelecimento; Zona Azul presente; largura das calçadas considerando acima de 2 metros e até 2 metros e declividade das calçadas se atendem a acessibilidade universal);

• **Eixo Clima:** para enfatizar variáveis climáticas como a TST e LCZ de acordo com Stewart e Oke (2012).

Onde as camadas de informação obtidas no Geosampa, para alimentar a plataforma e trabalhadas no QGIS, para visualização e incluíram os mapas dos eixos ambiental, eixo mobilidade e eixo clima, descritos com detalhes a seguir.

4.4.1 Eixo ambiental

4.4.1.1 Área de preservação ambiental

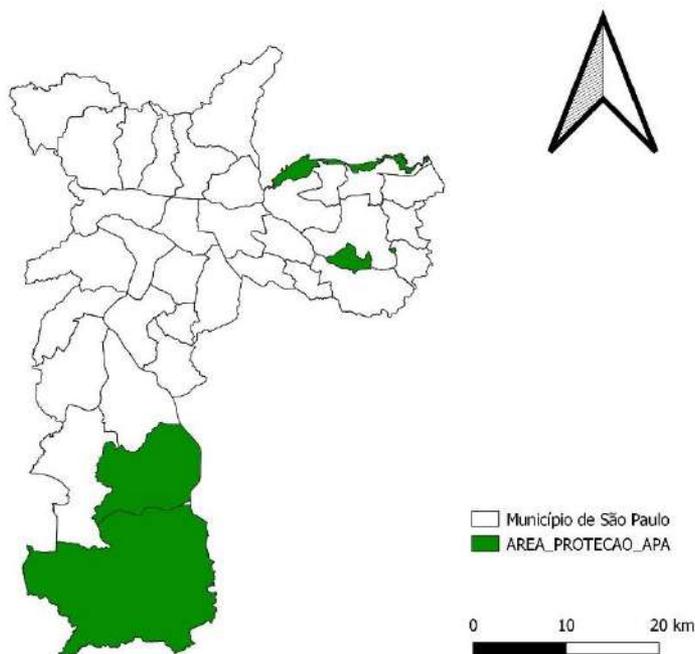


Figura 88 - Área de Preservação Ambiental do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2023

4.4.1.2 Corredor ecológico

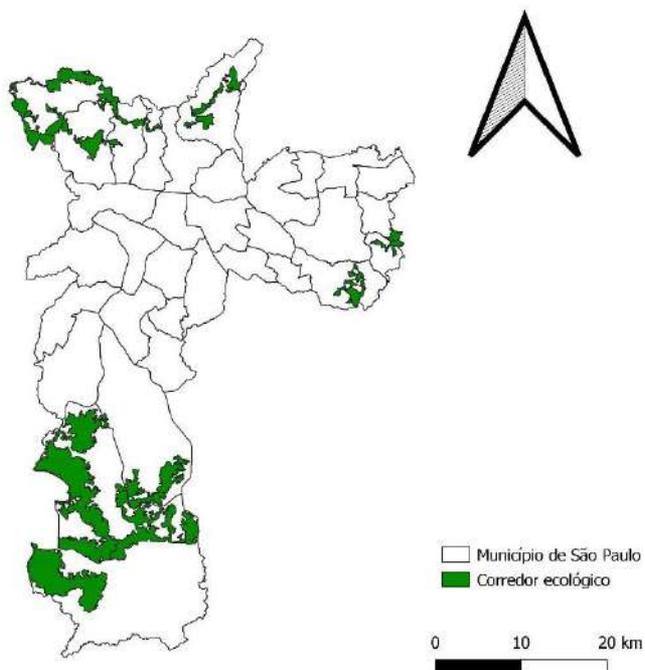


Figura 89 - Corredor Ecológico do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2023

4.4.1.3 Parque Estadual

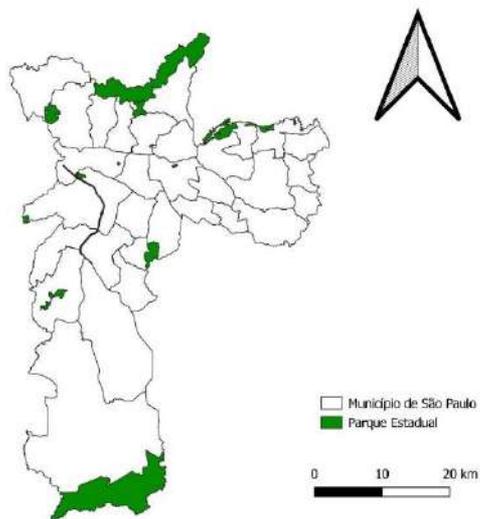


Figura 90 - Parque Estadual do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2023

4.4.1.4 Parque Municipal

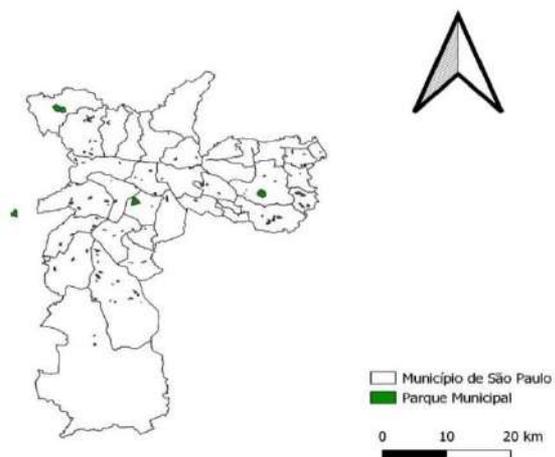


Figura 91 - Parque Municipal do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2023

4.4.1.5 Reserva da Mata Atlântica

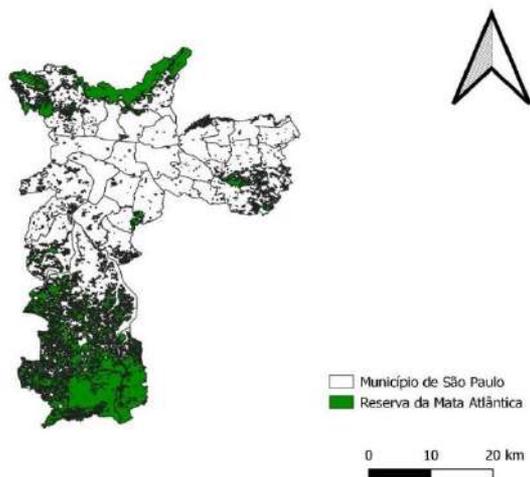


Figura 92 - Reserva da Mata Atlântica do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2023

4.4.1.6 Unidades de conservação municipais

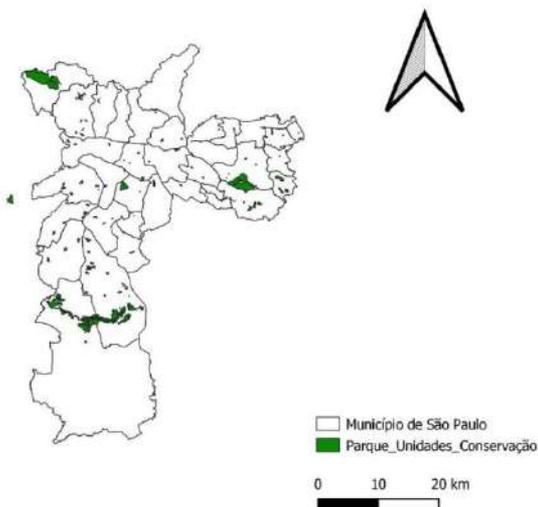


Figura 93 - Unidade de Conservação do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2023

4.4.1.7 NVDI municipal

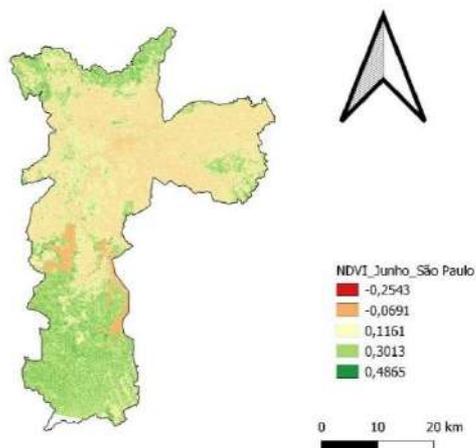


Figura 94 - Índice de Vegetação do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2022

4.4.1.8 Hidrografia municipal

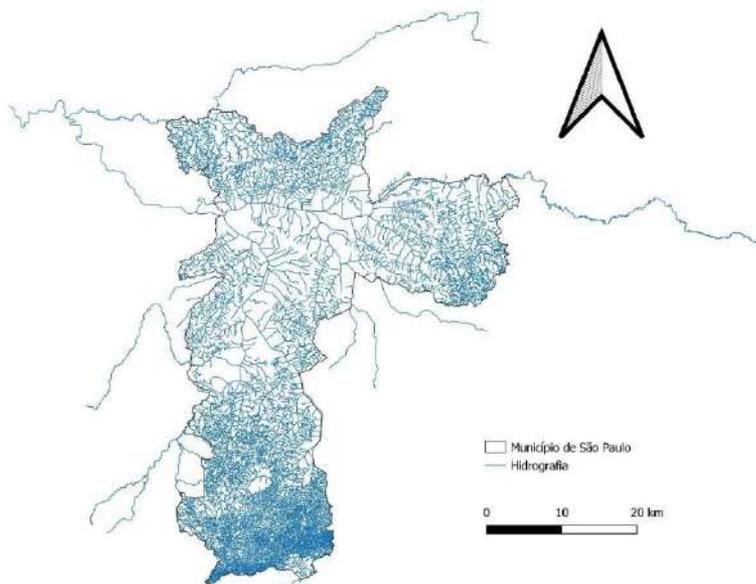


Figura 95 - Hidrografia do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2022

4.4.2 Eixo mobilidades

4.4.2.1 Faixa de ônibus

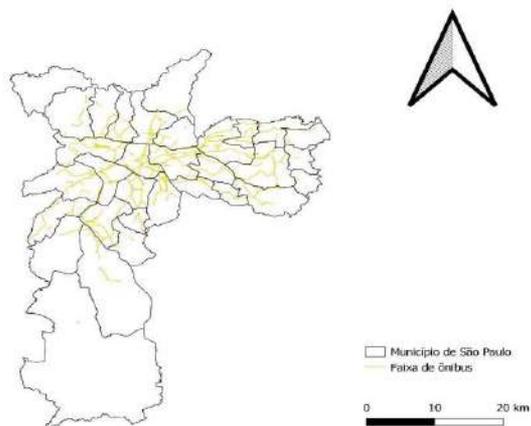


Figura 96 - Faixa de ônibus do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2023

4.4.2.2 Linha de ônibus

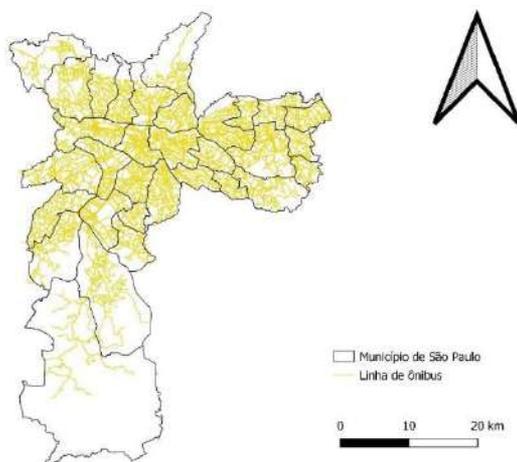


Figura 97 - Linha de ônibus do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2023

4.4.2.3 Corredor de ônibus

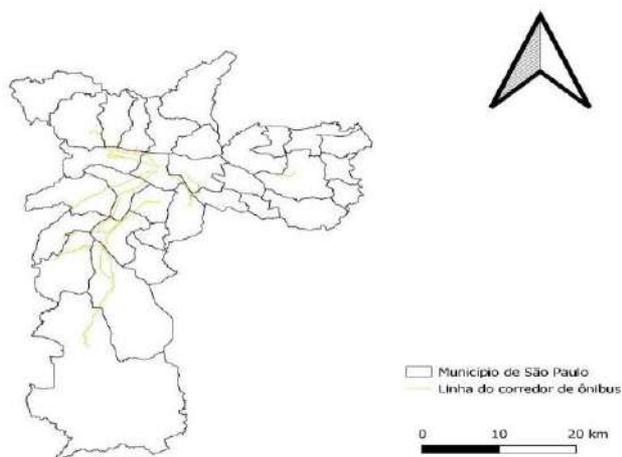


Figura 98 - Corredor de ônibus do município de São Paulo

Fonte: A autora, 2023

4.4.2.4 Corredor de metrô

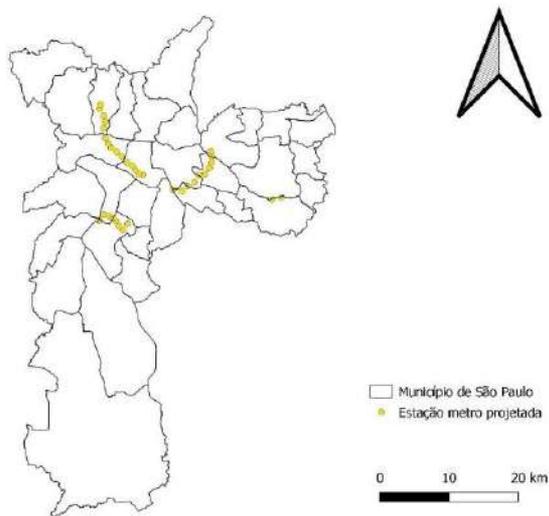


Figura 99 - Corredor de metrô projetado do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2023

4.4.2.5 Pontos da estação de trem

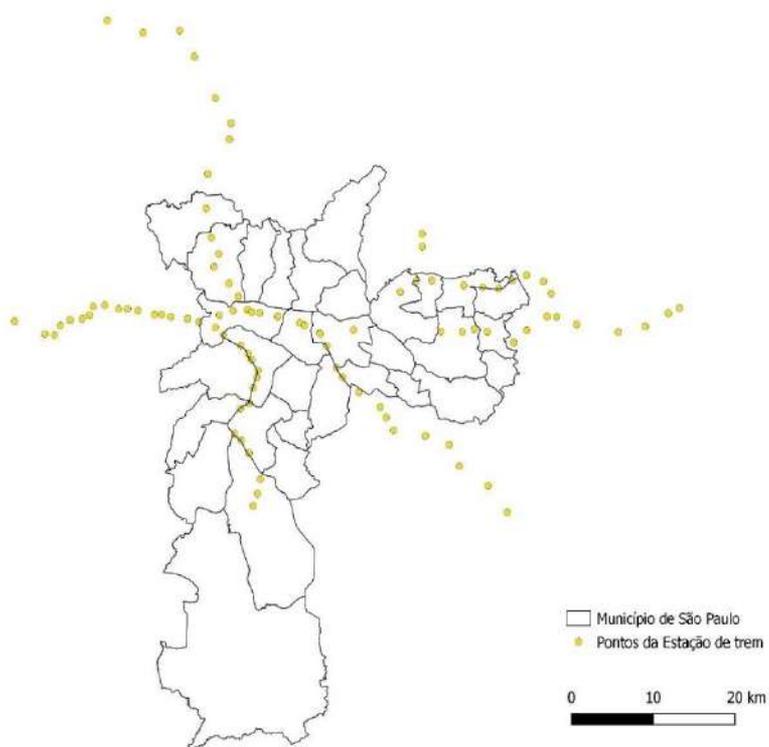


Figura 100 - Pontos da Estação de trem do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2023

4.4.2.6 Linha do trem

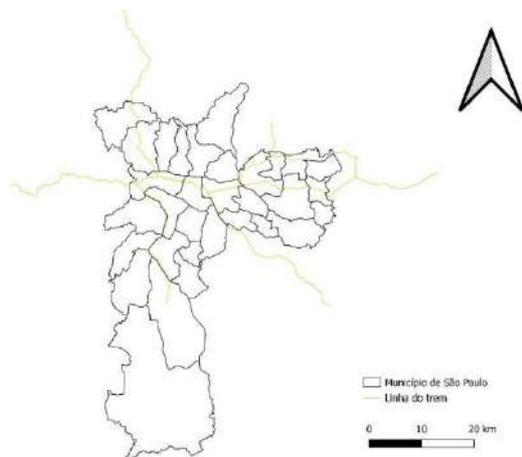


Figura 101 - Linha de trem do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2023

4.4.2.7 Área de preservação ambiental

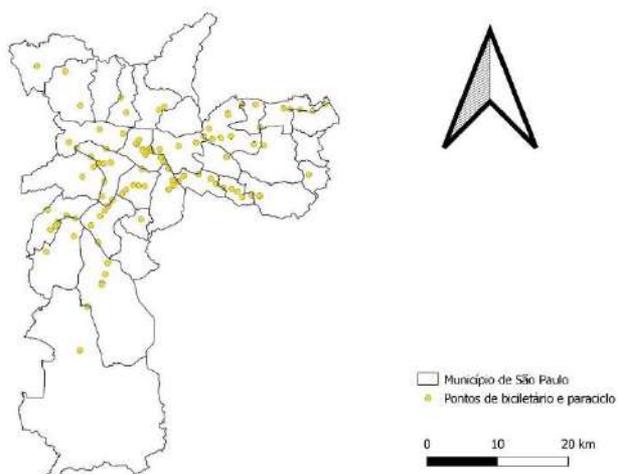


Figura 102 - Pontos de bicicletário ou paraciclo do município de São Paulo - SP

Fonte: A autora, 2023

4.4.2.8 Departamento de Engenharia e Tráfego

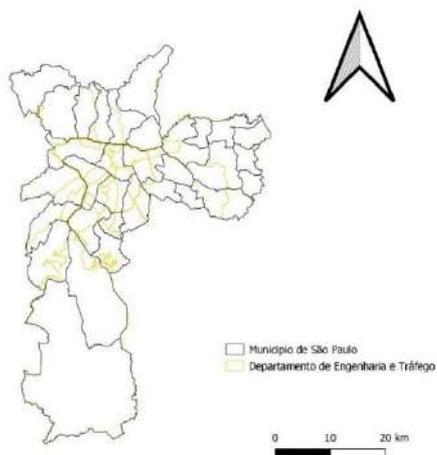


Figura 103 - Departamento de Engenharia e Tráfego do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2023

4.4.2.9 Vagas dos estabelecimentos

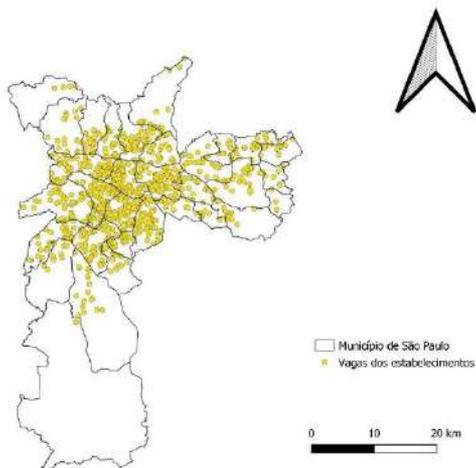


Figura 104 - Vagas dos estabelecimentos do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2023

4.4.2.10 Áreas de Zona Azul

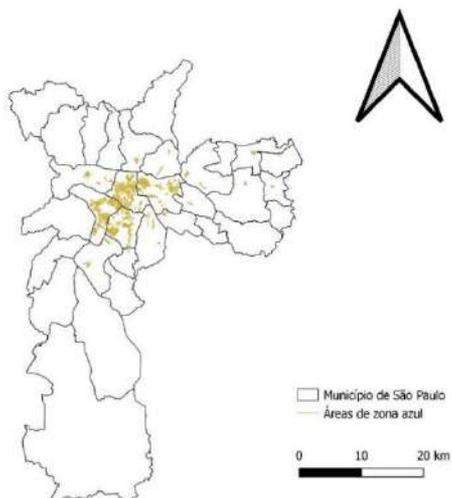


Figura 105 - Áreas de zona azul do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2023

4.4.3 Eixo clima

4.4.3.1 TST

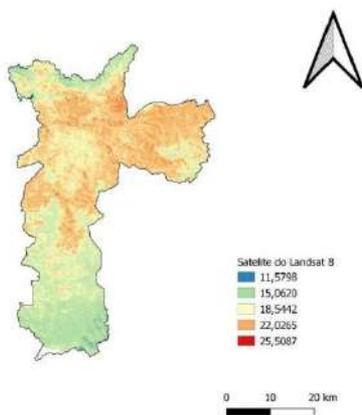


Figura 106 - TST do município de São Paulo - SP
Fonte: A autora, 2023

4.5 Relatos do workshop

A fim de pensar nos três eixos adotou-se as cores verde para ambiental, amarelo para mobilidade e azul para clima no GISColab. O *workshop* foi desenvolvido em quatro tardes colaborativas de forma híbrida, sendo presencial no Centro de Métodos Quantitativos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) e forma *online* por meio de reuniões, sendo a primeira realizada sobre o enriquecimento da leitura onde buscou-se realizar leituras dos mapas em análise para conhecimento da paisagem a ser estudada e avaliada.

No segundo dia, houve a dinâmica, com o utensílio de diálogo no GISColab, para que houvesse as propostas dos grupos (A – Ambiental; B – Mobilidade e C – Clima) nos contextos de origem e depois foi realizada uma “ciranda” para que todos participassem da discussão de todos os eixos estudados, onde se analisou os aspectos, lugar, tema e prioridade da proposta, podendo ser alta, média ou baixa, de cada eixo criado pela origem, com a “ciranda” os outros grupos puderam opinar nas demais propostas.

No terceiro dia houve a votação das propostas. E no quarto dia após a votação, houve a discussão e ajustes de propostas dos temas dos três eixos Ambiental, Mobilidade e Clima a fim de obter a nova métrica da paisagem do município de São Paulo, SP nos três temas estudados. Esta dinâmica está exemplificada nos Quadros de Geodesign (Apêndice S, T, U, V).

Dessa forma, o contexto Ambiental no GISColab resultou-se nos seguintes parâmetros para a meta de 30% sobre manter, criar, ampliar e recuperar, o quanto aumentaria de árvores por unidade e por área/km², além do cálculo de sequestro do CO₂ na atmosfera e abaixo do solo, tendo estes dados e os polígonos computados como mostra a Figura 107, abaixo.

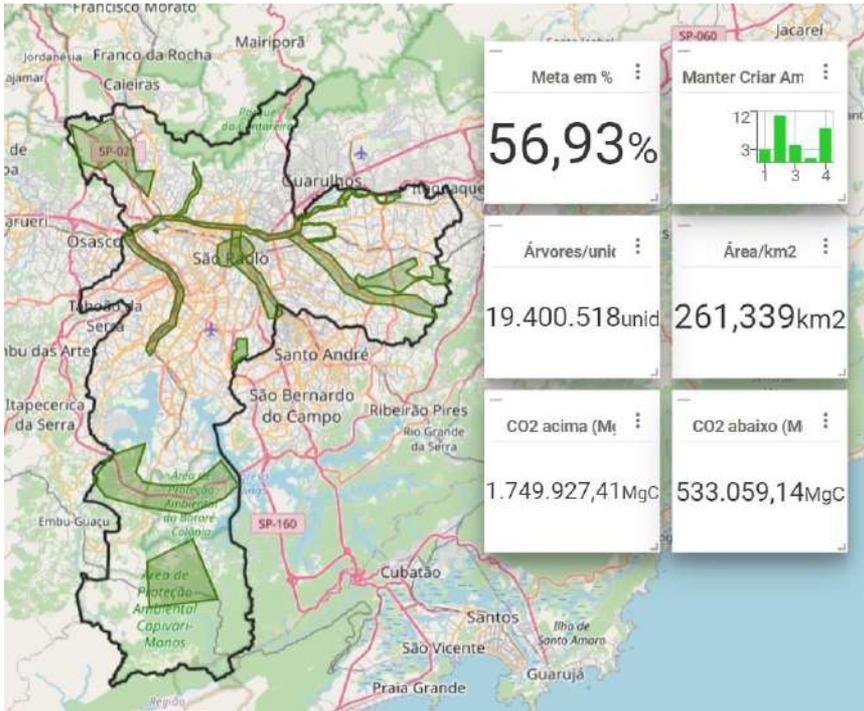


Figura 107 - Polígonos e propostas computadas do Eixo Ambiental do município de São Paulo - SP

Fonte: GISColab, produzido pela autora, 2023

No âmbito da Mobilidade assim como no Clima visando atingir aos ODS foram feitos pontos de diálogos para sugerir as seguintes propostas “Na ZC, destacou-se o incentivo do transporte com energia limpa, atendendo as ODS 7 (energia limpa e sustentável), 9 (indústria, inovação e infraestrutura) e 11 (Cidades e comunidades sustentáveis)”, descreveu-se “Incentivar a utilização de energia limpa no transporte público e particular, com frota de ônibus com energia limpa, instalação de pontos de carregamento de veículos e incentivos fiscais”. Os demais grupos avaliaram como uma análise importante em todos os aspectos. Também foi apontado para o NDVI baixo e arborização, atendendo a ODS 3 (Saúde e bem-estar), 10 (Redução das desigualdades) e 11.

O mapa do resultado parcial de Mobilidade segue com a estatística das ODS atingidas como destaca a Figura 108, abaixo.

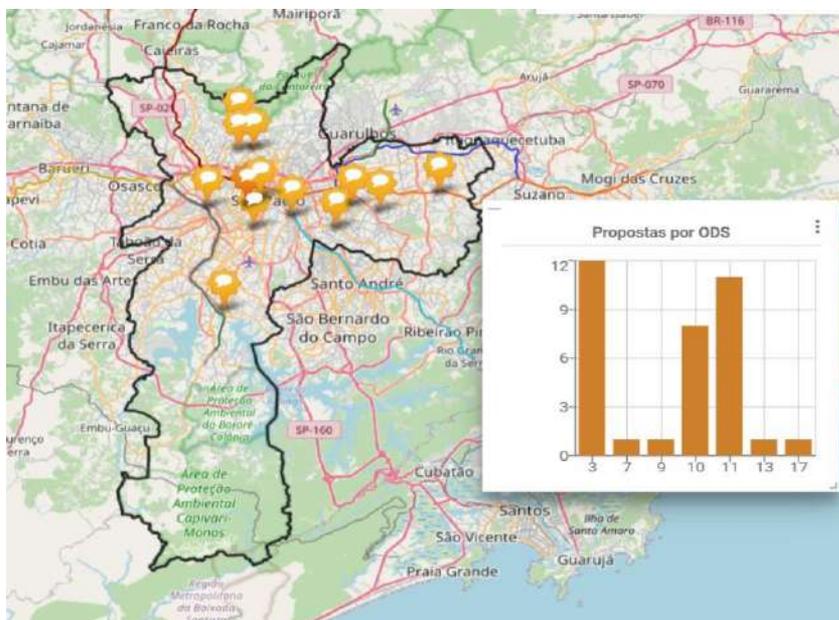


Figura 108 - Propostas do Eixo Mobilidade do município de São Paulo SP
Fonte: GISColab, produzido pela autora, 2023.

Na temática do Clima, as seguintes colocações referentes à ZC foram feitas e destacou-se no bairro Campos Elísios na Subprefeitura da Sé “Visar a redução da emissão de Gases do Efeito Estufa, alegando redução da circulação de veículos particulares (mais poluentes) e incentivar ao uso de modais de transporte limpos”, da mobilidade ativa e do uso de transporte público coletivo. Os demais grupos comentaram lugar e prioridade alta, porém tema médio, pensando em substituir veículos “menos poluentes” por “veículos automotores que fazem combustão”. Outro grupo considerou todos os aspectos importantes e citando o estímulo a substituição para modais elétricos, levando a proposta para votação.

O mapa resultante de todas as propostas e a estatística da ODS estão mostradas na Figura 109, abaixo.

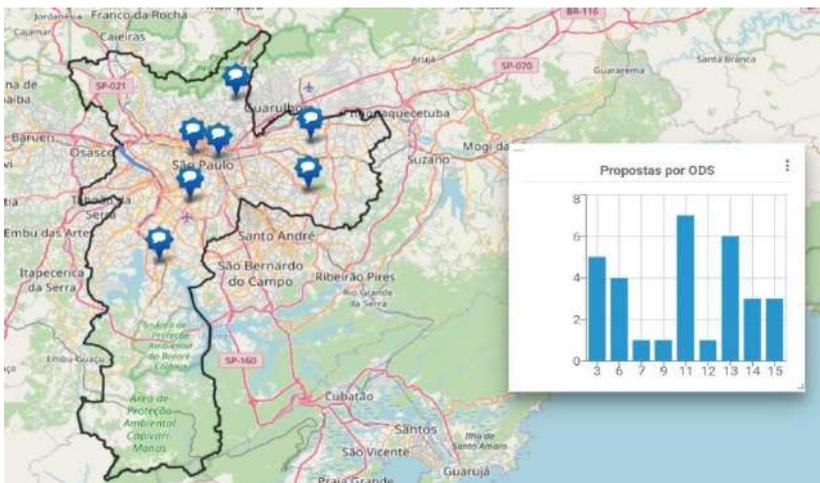


Figura 109 - Propostas do Eixo Mobilidade do município de São Paulo - SP
 Fonte: GISColab, produzido pela autora, 2023

Dessa forma, a Figura 110 mostra o mapa desta etapa para o eixo Ambiental, abaixo.

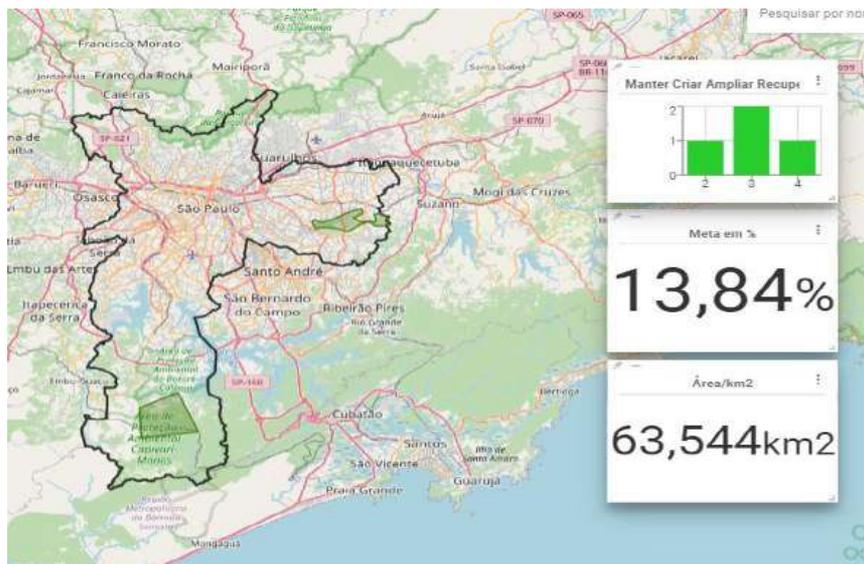


Figura 110 - Propostas do Eixo Ambiental do município de São Paulo, com proposta para discussão
 Fonte: GISColab, produzido pela autora, 2023

Dessa forma, a Figura 111 mostra o mapa desta etapa para o eixo Mobilidade, abaixo.

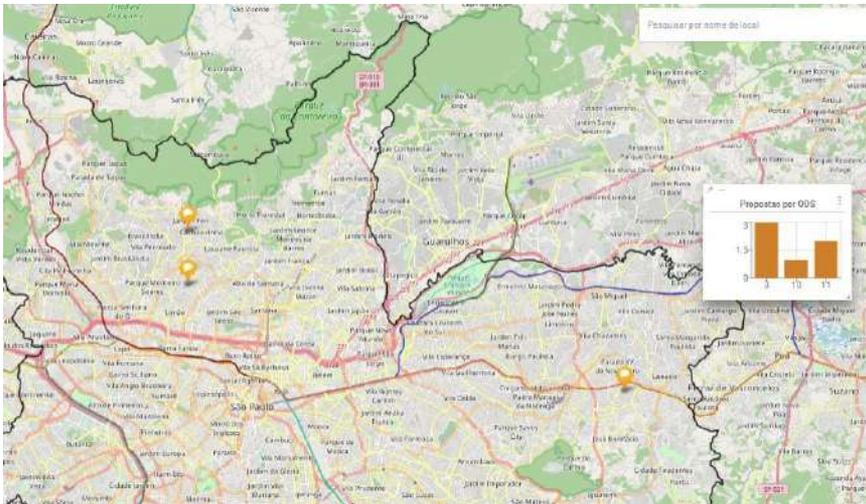


Figura 111 - Propostas do Eixo Mobilidade do município de São Paulo, com proposta para discussão

Fonte: GISColab, produzido pela autora, 2023

No terceiro dia, houve a discussão dos pontos que deveriam ser ajustados para a votação e possivelmente poderiam ser aprovados nas três temáticas: Ambiental (Figura 113), Mobilidades e Clima (Figura 112).



Figura 112 - Propostas do Eixo Clima do município de São Paulo, com proposta para discussão

Fonte: GISColab, produzido pela autora, 2023

Em seguida, obteve-se os seguintes mapas com as novas métricas da paisagem. São destacadas as propostas aprovadas para o eixo ambiental na figura 113, abaixo.

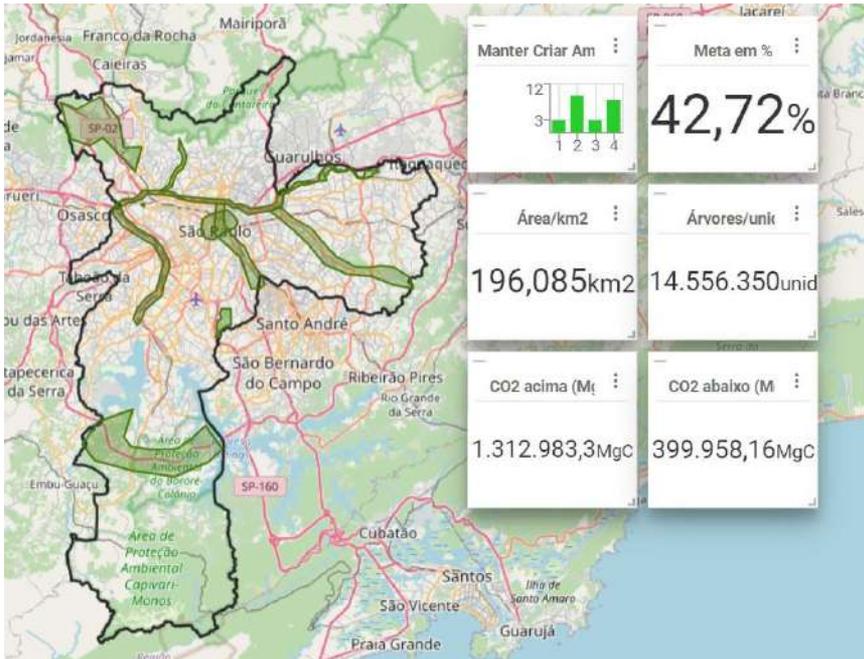


Figura 113 - Propostas do Eixo Ambiental do município de São Paulo, com propostas aprovadas
 Fonte: GISColab, produzido pela autora, 2023.

A seguir é mostrado o mapa com as novas métricas da paisagem com as propostas aprovadas para o eixo mobilidades na figura 114, abaixo.

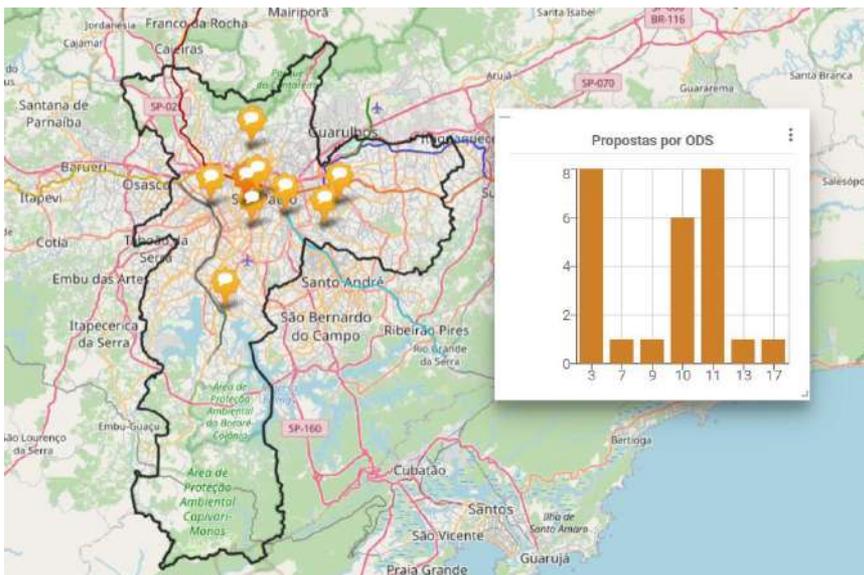


Figura 114 - Propostas do Eixo Mobilidade do município de São Paulo, com propostas aprovadas

Fonte: GISColab, produzido pela autora, 2023

Abaixo o mapa com as novas métricas da paisagem que destaca as propostas aprovadas para o eixo clima é mostrado na figura 115, abaixo.

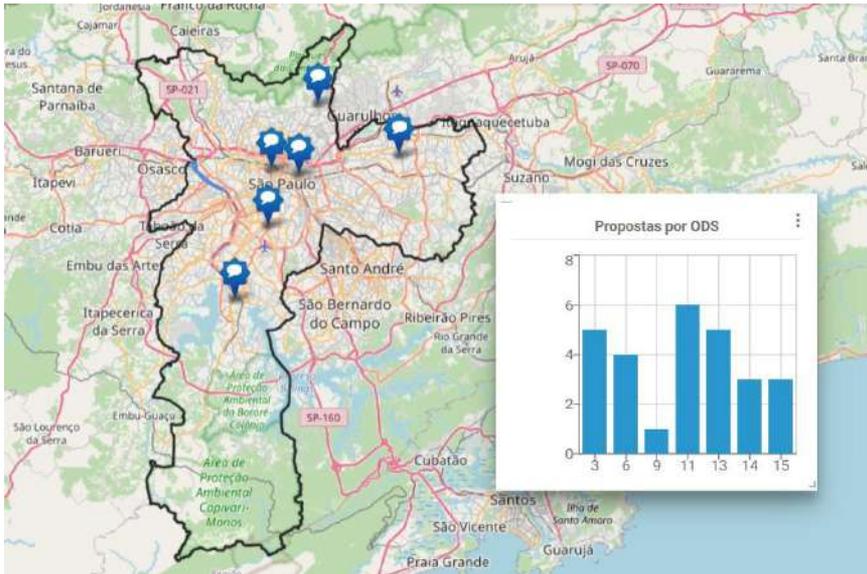


Figura 115 - Propostas do Eixo Clima do município de São Paulo, com propostas aprovadas

Fonte: GISColab, produzido pela autora, 2023

Na quarta tarde e último dia de *workshop* foram ajustadas as propostas aceitas, visto que todas tiveram votação plena depois do ajuste no grupo como todo. Sendo assim, obteve-se o mapa final de aprovação como mostra a Figura 116, abaixo.

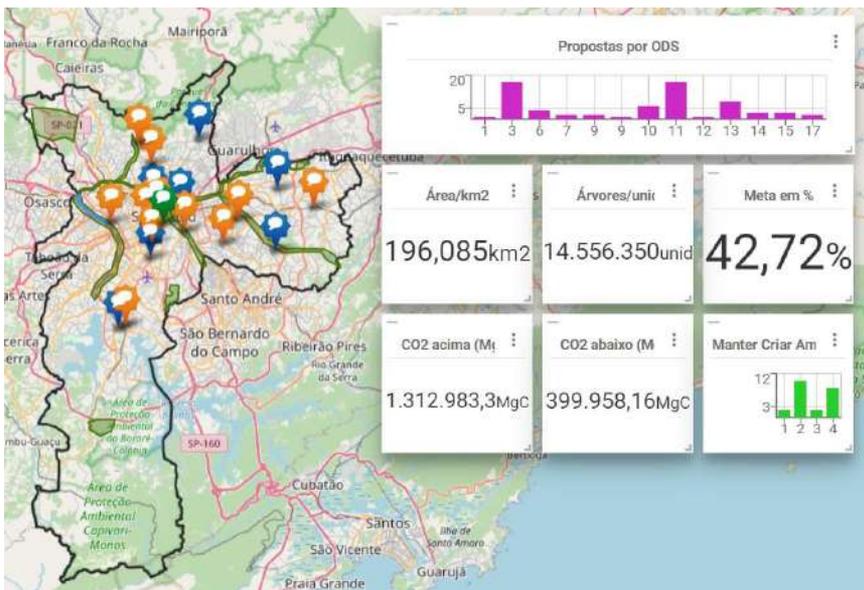


Figura 116 - Mapa final das propostas aprovadas do município de São Paulo - SP
 Fonte: GISColab, produzido pela autora, 2023

E por fim realizou-se o design final utilizando-se do SIG e QGIS para os ajustes a realidade da área de estudo e o envio desse *feedback* aos participantes, conforme mostra a Figura 117, abaixo.

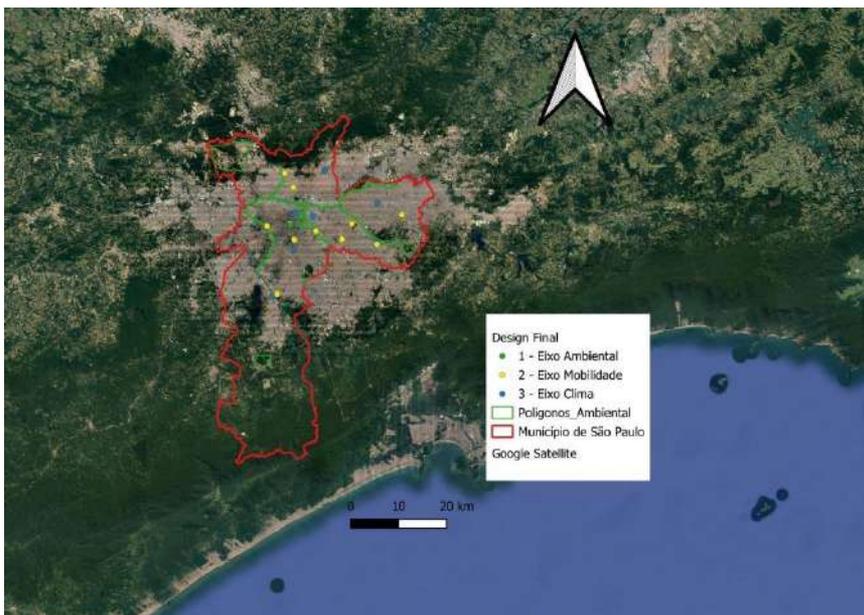


Figura 117 - Design Final do município de São Paulo - SP
 Fonte: Autora, 2023

No design final obtido com a colaboração de todos os participantes com as propostas aprovadas obteve-se nos polígonos do eixo Ambiental: o polígono no extremo norte visando a criação, fez-se a proposta da criação de fazendas de carbono com vegetação nativa e diversa aproveitando a oportunidade do mercado de carbono regulado no Brasil com o projeto em tramitação.

Nas margens do Rio Pinheiros sobre criar e recuperar as margens e mata ciliar, dos rios principais da cidade de São Paulo, bem como tentar após sua despoluição o transporte e esporte ao longo prazo. Assim como recuperar o solo envolta com a manutenção da serapilheira em período de seca e pensar nesta área como “paisagens anfíbias” com possibilidade de zonas diferentes de altura da lâmina d’água (aumento e diminuição do nível das águas). Envolvendo caminhos sob a água, edifícios que se adequam aos diferentes períodos de seca e cheia e com plantio adequado (árvores de raízes profundas, arbustos resistentes).

Nas margens do Rio Tietê, pensou-se em criar e recuperar, também na recuperação das matas ciliares e propôs-se para toda sua extensão SbN nas adjacências do Parque Ecológico do Tietê, valorizando o potencial dos serviços ecossistêmicos que esta área pode trazer. Assim como citou-se para o Rio Pinheiros, recuperação da mata ciliar e adoção de medidas de bioengenharia, retirar o concreto, assim como continuando no Rio Cabuçú de Baixo e Rio Tamanduateí visar sua recuperação, para criar e recuperar sua IV e também seguindo no Rio Aricanduva.

Na ZC criou-se o polígono alertando para criação de Estudo e Programa de arborização viária para intensificar a arborização viária. Com estratégias: teto verde, nucleação em espaços livres intralote, estruturar uma estratégia de aumento da arborização, intensificar arborização do SEL, recuperação de solo e serapilheira e aperfeiçoamento da cota verde, como um ponto central que deve ser espalhado para as outras subprefeituras, onde foi realizado em diálogo esta proposta.

Também na questão ambiental a proposta aprovada foi criação de buffer de agroflorestal em faixa de contato com a Mata Atlântica. Assim, criar fazendas de carbono visando a conversão de terras agrícolas em sumidouros de carbono, com vegetação nativa e diversa, melhorando a conexão com a reserva da biosfera aproveitando as oportunidades da criação do mercado regulado de carbono no Brasil.

No eixo Clima houve a aprovação dos seguintes diálogos com as propostas que colaboram para a melhora do clima local visando a mitigação da ICU colaborando para as adaptações às mudanças climáticas e resiliência urbana. Na ZN perto do Parque da Cantareira: Requalificação dos recursos hídricos visando aos ODS 3, 6, 11, 13 e 14, para promover a melhoria da qualidade das águas dos rios, riachos e córregos com a adoção de SbN. Melhoria da drenagem urbana, evapotranspiração e aumento das áreas verde, assim como ampliar a rede de coleta e tratamento de esgoto da cidade e acabar com ligações clandestinas de efluentes.

Na ZC sobre o clima houve várias questões, sendo a primeira sobre visar a redução das emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEE). Atendendo aos ODS 3, 11, 13 com a redução da circulação de veículos particulares (altamente poluentes) para incentivo de uso de modais de transportes “limpos”, da mobilidade ativa como uso de bicicletas e o uso de transporte públicos coletivos. Posteriormente sobre recuperação de solos urbanos, com relação aos ODS 3 e 15, com o enfoque de aumento da serapilheira, da capacidade fotossintética, da permeabilidade (materiais mais permeáveis) com técnica de associação a plantio de arbustos de forma a dificultar a retirada de serrapilheira (árvores lenhosas e leguminosas, evitar o uso de gramado por ausência de lignina).

Também nesta região, mas visando todo o município, houve destaque para pensar na “Cidade Inteligente Sustentável”, atingindo aos ODS 9 e 11, com a promoção da resiliência urbana/ambiental através das Tecnologias de informação e comunicação (TICs). Promovendo uma gestão otimizada dos processos, com soluções inovadoras, transparência, governança participativa e melhoria da qualidade de vida.

Na ZL atentou-se para aprovação de materiais e técnicas construtivas sustentáveis, atendendo aos ODS 3, 6, 11, 13 e 15, a fim de criar telhados verdes e muros verdes. Diminuir a temperatura do edifício e assim reduzir o uso de ar condicionado. Aumentar a umidade relativa e a biodiversidade. Poder promover o encontro de pessoas e paisagem qualificada. Promover a agricultura urbana, jardins filtrantes e jardins de chuva.

Por fim neste eixo, na ZS, pensou-se em conectar as áreas verdes, atendendo aos ODS 3, 6, 11, 13, 14 e 15 para promover a conexão das áreas verdes através da criação de novos parques urbanos, parques lineares, micro parques, corredores verdes. Redução da temperatura, aumento da umidade relativa (evapotranspiração), sombreamento, captura de carbono, recuperação do solo e dos recursos hídricos.

No eixo **Mobilidade**, as aprovações se basearam em proporcionar o acesso a um sistema de transporte seguro, acessível, sustentável e preço viável para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio de expansão dos transportes públicos e ativos e atenção para necessidade dos usuários em situação de vulnerabilidade, como mulheres, crianças, idosos e pessoas com deficiência.

Na ZN, alertou-se para o uso de compartilhamento de bicicletas, em relação aos ODS 3, 10 e 11 com o uso de sistema integrado de modais e também pensando nesse compartilhamento de uso para as outras zonas da área. Na ZO, beirando o Rio Pinheiros na altura do bairro Vila Madalena, ressaltou estímulo ao uso de bicicleta nos fundos de vale. Com relação ao ODS 3, houve aumento das ciclovias em fundo de vale e melhoria dos acessos a ciclovia do Parque Bruno Covas.

Na ZC, ressaltou-se os seguintes diálogos, NDVI baixo e arborização, com enfoque nos ODS 3, 10 e 11. Nas áreas com NDVI baixo (negativo ou igual a 0) promover sombreamento do sistema viário e intensificar a arborização observando os eixos de circulação de pedestre que conversam com as demais propostas para mobilidade.

Também ressaltou a necessidade do incentivo do transporte com energia limpa, ODS 7, 9, 11, 13 para incentivar a utilização de energia limpa no transporte público e particular, com frota de ônibus com energia limpa. Também a instalação de pontos de carregamento de veículos e incentivos fiscais, com a observação programa pré-existente para a frota de ônibus e trata-se de um programa para toda a cidade de São Paulo. Assim como, articulação entre município e estado para proposta de diversificação de modais, ODS 3, 10, 11 e 17 para proposta de diversificação de modais, associando metro, bicicleta, transporte peatonal.

Na ZL, perto do bairro da Mooca, ressaltou-se criar zoneamento inclusivo no entorno do metro, ODS 3, 10 e 11. Ao longo de estação de metrô e de trem faz-se um raio de 500 metros para incentivos fiscais

e diversificação de usos, como aquisição de imóveis para locação social (interesse social) nesse raio. Disponibilização de imóveis no entorno do metro em um raio de 500 metros, destinado a famílias com renda familiar mensal média de no máximo 3 salários mínimos (HIS) e equipamentos de saúde com instrumentos como Incentivos fiscais, administrativos, urbanísticos e melhoria da mobilidade e acessibilidade das calçadas.

Nas redondezas do bairro São Lucas, ressaltou-se aplicar ciclovias verde, ODS 3 e 11. Trabalhar com árvores adequadas (mais de 2 metros) visando sombreamento e conforto dos ciclistas. Aumenta a biodiversidade. Ressaltando-se Mais de 3 metros: altura livre e árvores altas (maiores que 6 metros). Na região da Vila Formosa, pensar na multifuncionalidade dos espaços abertos para diversos modais, ODS 3, 10 e 11, assim como ciclovia, peatonal e outras ações necessárias para segurança do trânsito e controle de velocidade.

Na ZS pensar na adoção da prática de cidade 15 minutos, ODS 3, 10 e 11. Estímulo a cidade de 15 minutos com enfoque em trabalho, transporte, espaços livres multifuncionais.

Dessa forma no eixo ambiental alcançou-se a meta esperada de atingir 30% da arborização urbana, inclusive ultrapassou obtendo-se atingindo de 42,72%, obtendo assim árvores de 14.556.350 unidades, atingindo uma área de 196,085 km². As soluções se pautaram mais em criar e recuperar as áreas verdes. No eixo Clima e Mobilidades, os ODS mais atingidos foram o 3 e 11 descritos por “Saúde e bem-estar” e “Cidade e comunidade sustentáveis”. Em terceiro lugar como mais atingido ficou o ODS 13 “Ação contra a mudança global do clima”.

Todas essas mudanças resultarem num sequestro de carbono de 1.312.983,3 MgC acima do solo e de 399.958,16 MgC abaixo do solo. Este cálculo foi feito com base no *GISColab Tools*, seguindo o seguinte diagrama abaixo com os parâmetros do mapa de bioma natural de Crowther (2015) e mapas globais de densidade de carbono de biomassa acima e abaixo do solo, no objetivo de atingir um aumento de 30% de arborização conforme mostra a Figura 118, abaixo.

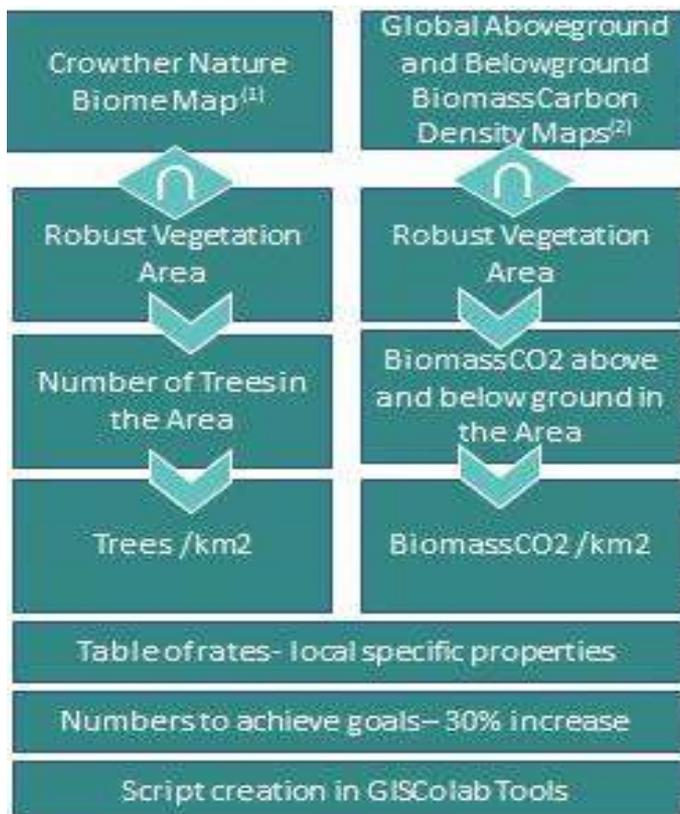


Figura 118 - Diagrama do Scrip de criação no GisColab Tools para cálculo de sequestro de carbono

Fonte: Crowther et al. (2015); Spawn e Gibbs (2020)

Assim, no caso do estudo do município de São Paulo, levantou-se o domínio do bioma da Reserva de Mata Atlântica que atinge 45,9 mil ha dessa vegetação no território, com dados usados para a referência dos 30% e demais índices ambientais e usando os dados de referência para o *script*, como mostra a Figura 119 abaixo.

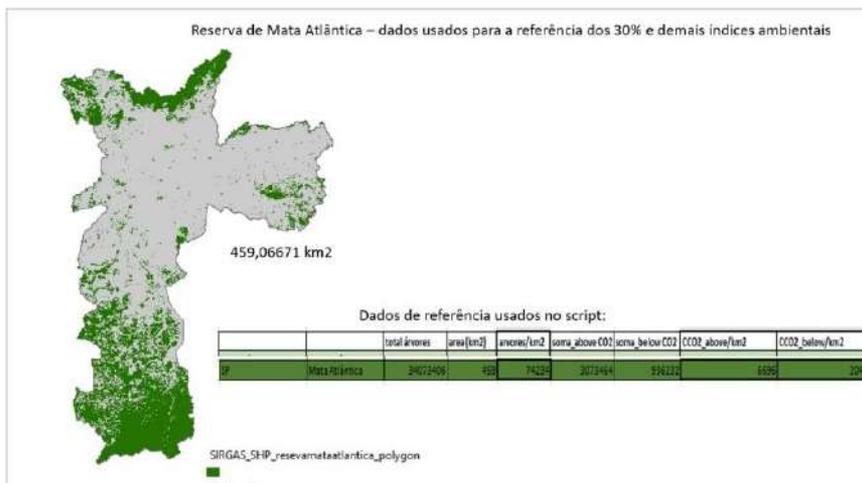


Figura 119 - Densidade vegetal da Reserva da Mata Atlântica do município de São Paulo - SP

Fonte: Crowther et al. (2015) e Spawn e Gibbs (2020)

O design final pretendeu demonstrar a dinâmica da paisagem e como a arborização urbana está distribuída na área de estudo. Após as tardes colaborativas e assim propor a ampliação da mesma para criar espaços mais agradáveis de convívio e lazer, contemplação e amenização da temperatura urbana, ou seja, diminuição da ICU e a busca da qualidade de vida dos seus habitantes.

Dessa forma, pode-se dizer que foram atendidas as questões que nortearam o *workshop*: (i) o Geodesign com o auxílio do SIG pode trazer soluções para implementar a IV com ênfase na arborização urbana nos espaços livres de forma a integrar a paisagem, (ii) o planejamento da paisagem de forma colaborativa para criar uma proposta de design e, (iii) as SbN trarão as respostas a partir do Geodesign, geotecnologia e análise estatística para a dinâmica da paisagem visando a qualidade de vida dos habitantes.

4.6 O uso das soluções baseadas na natureza na Zona Central e Zona Leste com enfoque na infraestrutura verde

As SbN vêm sendo difundidas e trabalhadas sobre sua aplicabilidade no planejamento urbano. São soluções para os desafios sociais com base natureza, possuem uma abordagem integrada e auxiliam no combate conjunto às mudanças climáticas e à perda de biodiversidade, auxiliando no desenvolvimento sustentável (Seddon et al., 2020; Gómez Martín et al., 2020).

Importante destacar que a Comissão Europeia (CE) aposta na inovação e retorno econômico com as SbN, visando transformar os desafios sociais, ambientais e econômicos, incluindo a aplicação da IV além de relevar os ecossistemas naturais (CE, 2015). Ressalta-se que além de desenvolver a IV na área urbana, deve-se também embasar de forma científica a distribuição desta IV de forma espacial, visando o bem-estar humano e o efeito de resfriamento (Amani-Beni et al., 2019).

Foi proposto um replanejamento urbano no município de São Paulo com enfoque nas ZC e ZL com árvores no sistema viário obtidas no Geosampa do ano de 2013 que apresentaram carência de arborização viária e superfícies permeáveis. Fez-se a inclusão das novas árvores do ano de 2023, utilizando-se o QGIS para a ZC e ZL, embasado no que foi discutido de forma participativa no Geodesign.

Assim como foi proposta a intervenção de incluir novos pontos de arborização viária na ZC e ZL, com o dado vetorial de camada *shapefile*. Neste caso, inserindo pontos para representar estas novas árvores e considerando buffer de 8 à 12 metros para árvores de médio a grande porte, com copa robusta, o que foi considerado a prioridade. E de 5 metros para árvores e arbustos de pequeno porte, no caso de visualizar pouco espaço para a árvore ou interferência próxima da fiação elétrica.

Adicionalmente na nova intervenção usou-se o complemento *go2streetview* a fim de obter a realidade das ruas pelo *google street* diretamente pelo QGIS e facilitar esse novo mapeamento. Os dados de

distanciamento entre as árvores foram obtidos com base na “Chave Arborizar”, seguindo pelo tópico “Espécies arbóreas” do Manual Técnico de Arborização Urbana (PMAU, 2015), da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo, SP.

Abaixo, na Figura 120 é mostrada a nova intervenção e o caso de placa de sinalização (1), indica que não deve obstruir a visão da plana.

Distância mínima em relação à:	Porte da árvore		
	Pequeno Coluna 1	Médio Coluna 2	Grande Coluna 3
Esquina (referenciada ao ponto de encontro dos alinhamentos dos lotes da quadra em que se situa)	5,00	5,00	5,00
Postes	2,00	3,00	3,00
Placas de sinalização	(1)	(1)	(1)
Equipamentos de segurança (hidrantes)	1,00	2,00	3,00
Instalações subterrâneas (gás, água, energia, telecomunicações, esgoto, tubulação de águas pluviais)	1,00	2,00	2,00
Mobiliário urbano (bancas, cabines, guaritas, telefones)	2,00	2,00	3,00
Galerias	1,00	1,00	1,00
Caixas de inspeção (boca de lobo, boca de leão, poço de visita, bueiros, caixas de passagem)	2,00	2,00	2,00
Guia rebaixada, gárgula, borda de faixa de pedestre, acesso de pedestre à edificação.	1,00	1,00	2,00
Transformadores	3,00	4,00	5,00
Espécies arbóreas	5,00 (2)	8,00 (2)	12,00 (2)

Figura 120 - Distanciamento (m) do local de plantio em relação aos equipamentos e mobiliários urbanos

Fonte: PMAU (2015)

A seguir é mostrado o replanejamento urbano no município de São Paulo como mostra a Figura 121 abaixo, com árvores no sistema viário obtidas no Geosampa do ano de 2013, utilizando-se o QGIS e embasado no que foi discutido de forma participativa no Geodesign para a ZC.

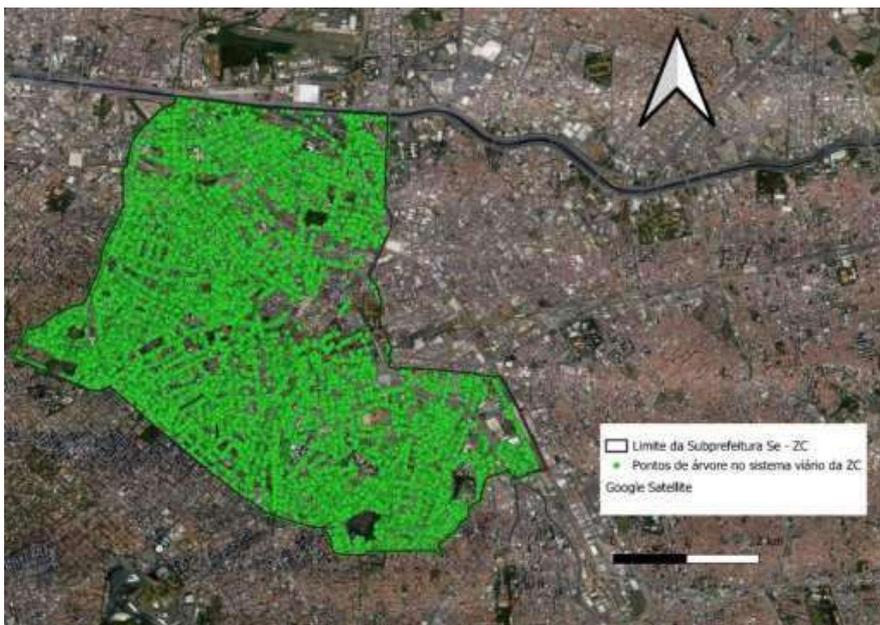


Figura 121 - Pontos de árvores no sistema viário da ZC do município de São Paulo - SP, de 2013

Fonte: Autora, 2023

No caso da ZC no ano de 2013, houveram 22.573 árvores no sistema viário da área em uma área de 8 km², visualizando a distribuição também das árvores em cada distrito (Apêndice Q). Em 2023, apontou-se a inclusão de apenas 55 árvores, destacando os distritos da Consolação, Santa Cecília, Bom Retiro (incluindo o Parque Jardim da Luz) e alguns pontos na Bela Vista e Sé conforme mostra a Figura 122 abaixo.

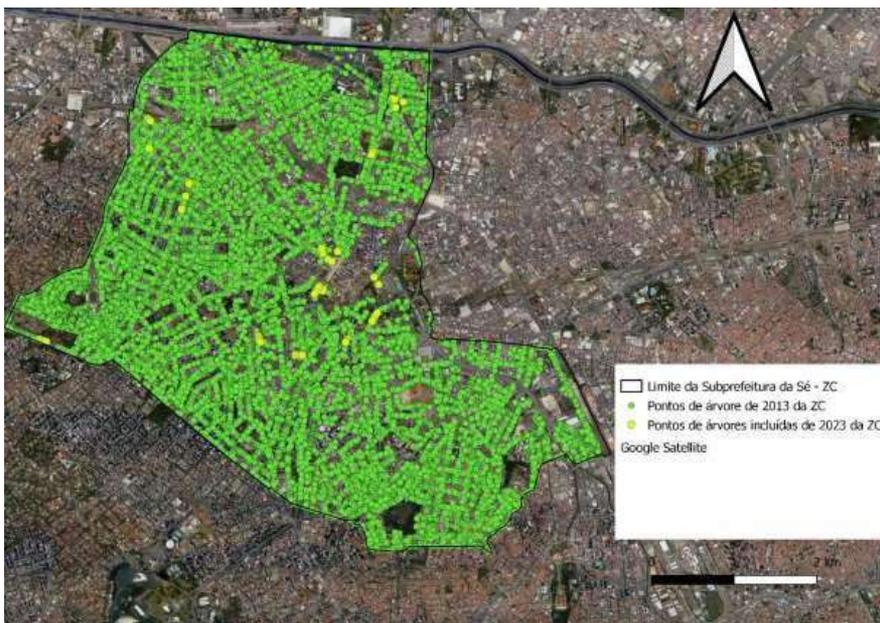


Figura 122 - Pontos de árvores no sistema viário da ZC do município de São Paulo - SP, de 2013 e 2023

Fonte: Autora, 2023

Em seguida, verifica-se no mapa da inserção de pontos de árvores no sistema viário da ZC e nota-se que houve uma proposta de inserção de árvores, nas Subprefeituras da Sé e República mais carentes. No total da ZC houve um aumento no total de 1.608 árvores nas ruas, sendo 1.456 de grande porte (buffer de 10 metros) e 152 de pequeno porte (buffer de 5 metros), conforme mostra a Figura 123 abaixo.

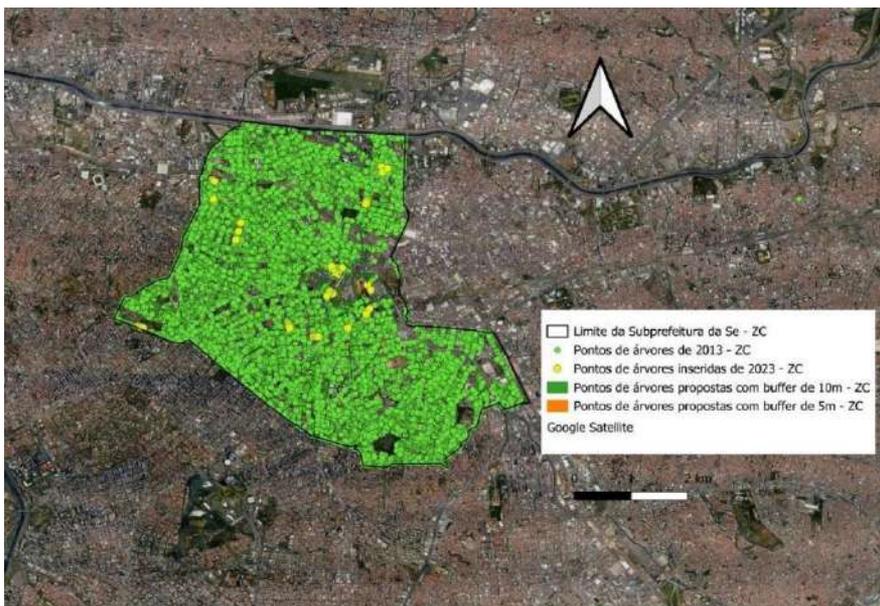


Figura 123 - Pontos de proposta de inserção de árvores de grande porte e pequeno porte no sistema viário da ZC do município de São Paulo - SP

Fonte: Autora, 2023

A seguir é mostrado o replanejamento urbano na Zona Leste do município de São Paulo como mostra a Figura 124 abaixo, com árvores no sistema viário obtidas no Geosampa do ano de 2013, utilizando-se o QGIS e embasado no que foi discutido de forma participativa no Geodesign para a ZL.

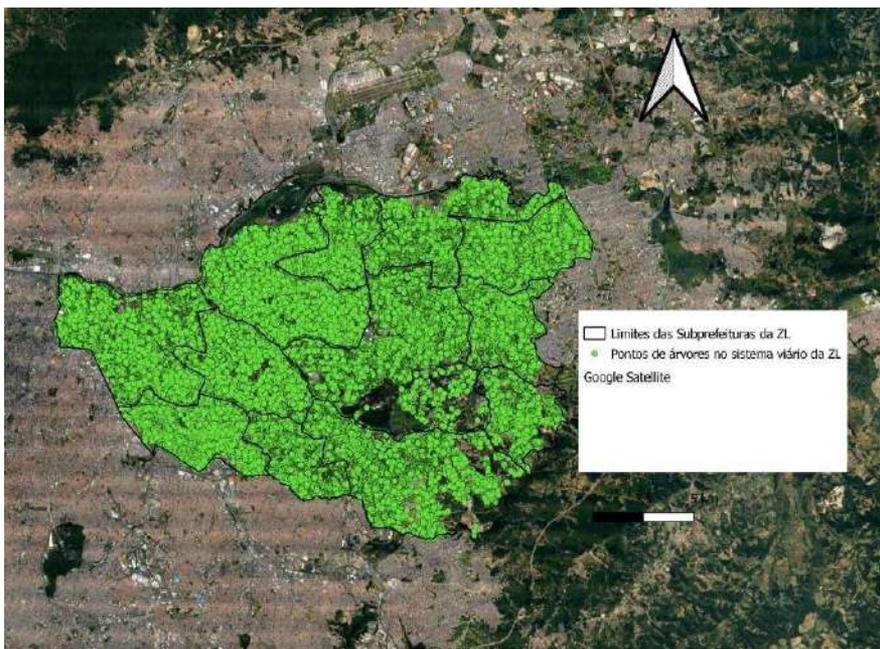


Figura 124 - Pontos de árvores no sistema viário da ZL do município de São Paulo - SP
Fonte: Autora, 2023

No caso da ZL, há 177.555 árvores no sistema viário da área, em uma área de, visualizando a distribuição também das árvores em cada distrito (Apêndice R). E em 2023, apontou-se a inclusão de 172 árvores localizadas nas Subprefeituras da Mooca, Vila Prudente, São Mateus, Penha e São Miguel. Abaixo, na Figura 125 são mostrados os pontos de árvores no sistema viário.

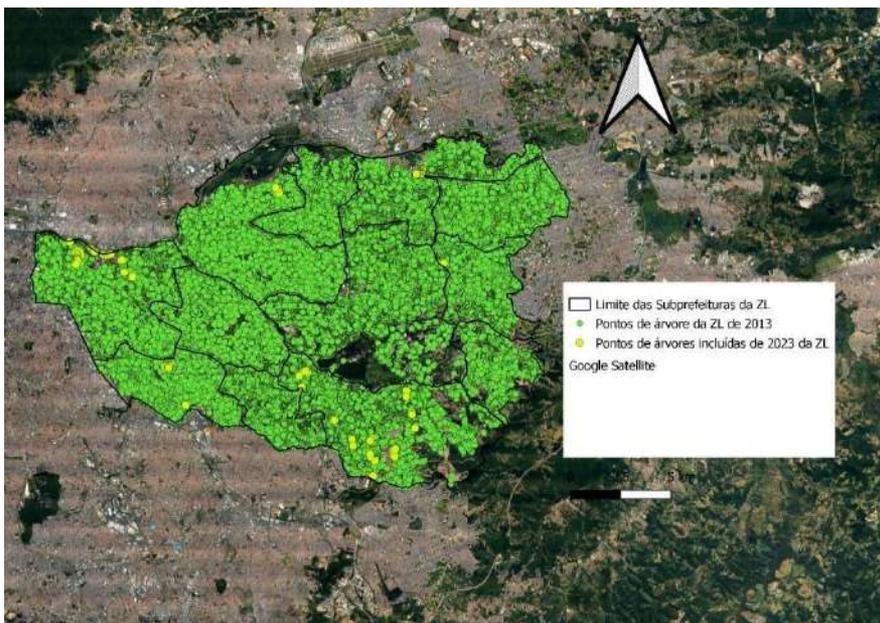


Figura 125 - Pontos de árvores no sistema viário da ZL do município de São Paulo - SP, de 2013 e 2023

Fonte: Autora, 2023

Nota-se que houve uma proposta de inserção de árvores, acrescentando 3.377 árvores no total, sendo 2.950 de médio a grande porte (buffer de 10 metros) e 427 de pequeno porte (buffer de 5 metros). Demonstrando também que a maior inserção de árvores se deu nas Subprefeituras mais carentes, no caso a Subprefeitura de Itaquera acrescentando 366 árvores e a Vila Prudente com sua grande expansão inserindo 379 árvores, a Penha com aumento de 314 árvores, e Itaim com mais 316 árvores. A figura 126 abaixo, mostra os pontos de proposta de inserção de árvores para a ZL.

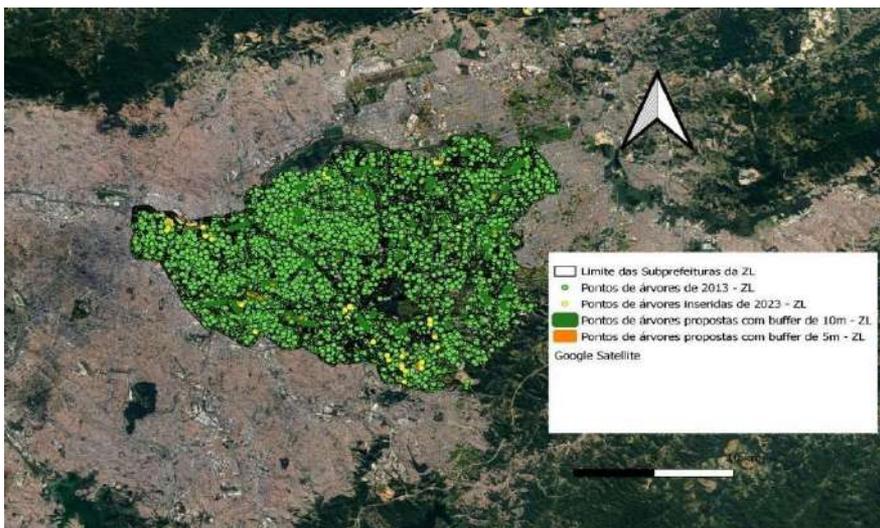


Figura 126 - Pontos de proposta de inserção de árvores de grande porte e pequeno porte no sistema viário da ZL do município de São Paulo – SP

Fonte: Autora, 2023

A seguir, com os dados da Tabela 12 obteve-se um gráfico de barras para visualizar o ganho da IV.

Tabela 12 - Quantificação da área total de dossel arbóreo

ZONA	ÁREA TOTAL DE DOSSEL ARBÓREO		
	2013	2023	PROPOSTA
ZC	22.573	22.628	24.290
ZL	177.555	177.727	181.104
ZC	2,82%	2,83%	3,04%
ZL	0,47%	0,47%	0,48%

Fonte: Autora, 2024

Tais dados também foram utilizados para criar a Figura 127 abaixo, com ênfase na arborização urbana nas ZC e ZL.

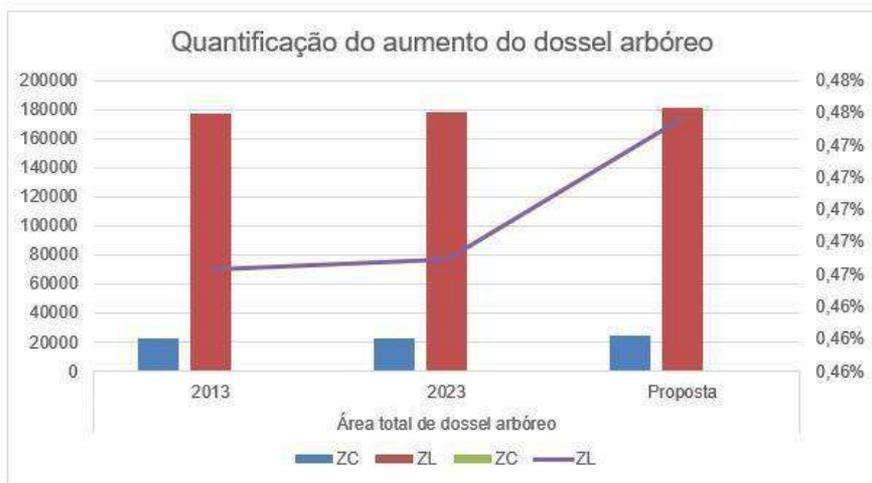


Figura 127 - Gráfico de barras, mostrando o ganho do dossel arbóreo e proposta de aumento

Fonte: Autora, 2024

Dessa forma, ressalta-se a importância de implementar árvores nas áreas urbanas como amenização da Ilha de Calor Urbana, está qual se influencia pelo uso e ocupação da terra da paisagem urbana.

A ilha de calor é intensificada de acordo com o albedo, que é dependente do material empregado na construção civil (Figura 128). Assim, de acordo com um determinado albedo, maior a absorção de radiação e maior sua emissão pela superfície terrestre (Bias; Baptista; Lombardo, 2003).



Figura 128 – Albedos de materiais urbanos.
 Fonte: Rafael Murolo (2020).

Segundo Pivetta, Silva Filho (2002), a arborização urbana, com destaque as espécies nativas de grande e médio porte, deve, ser conhecidas assim como suas características, para melhor implementar a arborização urbana, de forma que não haja conflito com a calçada e asfalto e promovam sombra.

De acordo com São Paulo (2015b), há várias leis que regulamentam na cidade de São Paulo, a sua arborização e estabelecem normas para sua implantação e manutenção, estas se encontram no Manual Técnico de Arborização Urbana.

Porém, muitas vezes estas não são cumpridas, pela falta de conhecimento da população ou pela ineficiência da fiscalização por parte do poder público (Locatelli, 2018). As infraestruturas urbanas, como rede elétrica, pontos de iluminação, sistema de esgoto e outras não podem ser um obstáculo para as outras funções atribuídas aos ambientes urbanos como locais para a arborização (Rossetti; Pellegrino; Tavares, 2010).

Deve-se planejar o meio urbano de forma adequada para implantar a arborização. As medidas podem ser: substituir a fiação elétrica aérea pela fiação subterrânea, implementar calçadas porosas, permeáveis que permitem a infiltração da água, evitando alagamento e melhora o tráfico do local, priorizar o transporte

público, alargar as calçadas obtendo maior canteiro central (Fuehauf, 2020).

Faz-se necessário pensar na estrutura da rua completa (Figura 129) deve incluir uma estrutura urbana que suporte toda infraestrutura necessária, para o benefício da população, esta inclui: calçadas largas, superfícies permeáveis, iluminação eficiente, priorização do transporte coletivo, bicicletas compartilhadas, superfícies acessíveis, superfícies permeáveis.

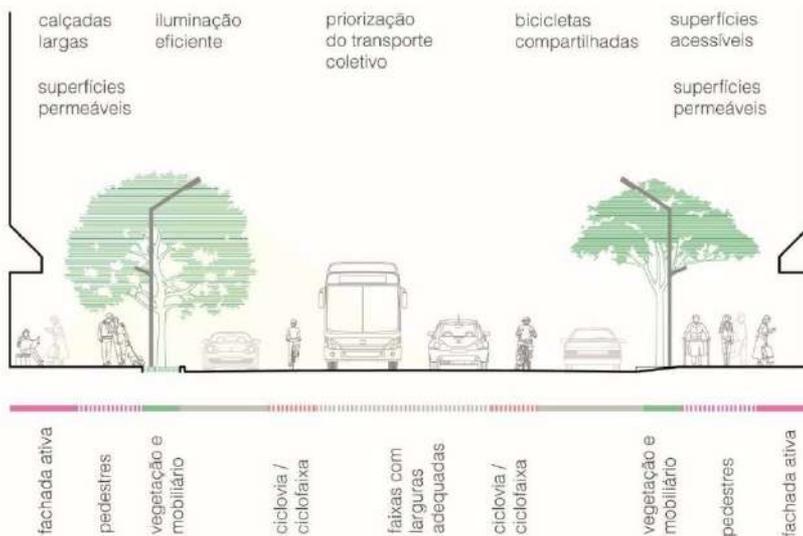


Figura 129 – Desenho esquemático de uma rua completa.

Fonte: Rafael Murolo (2020).

Entre as propostas de Solução baseada na Natureza para implementar a infraestrutura verde com ênfase na arborização verde, pode-se elevar o cruzamento das vias, tendo o nivelamento das calçadas e todas as esquinas e do miolo da via, associando com lombofaixas.

Nos cruzamentos, o asfalto pode ser substituído por pavimento intertravado. Nas calçadas o pavimento frio em placas pré-moldadas de concreto poroso. Tendo ruas com alteração no sentido

de fluxo de veículo, inclusão de chicanas, canteiros e arborização (Figura 130).

Também propor o alargamento das esquinas e abertura das faixas de vagas vivas (Figura 131) e diminuição da área asfaltada com implantação de travessias elevadas, piso drenante e arborização (Figura 132), propiciando sombreamento com a ampliação de pavimentos frios, com cor mais clara e/ou permeáveis, contribuindo para a redução da absorção do calor.

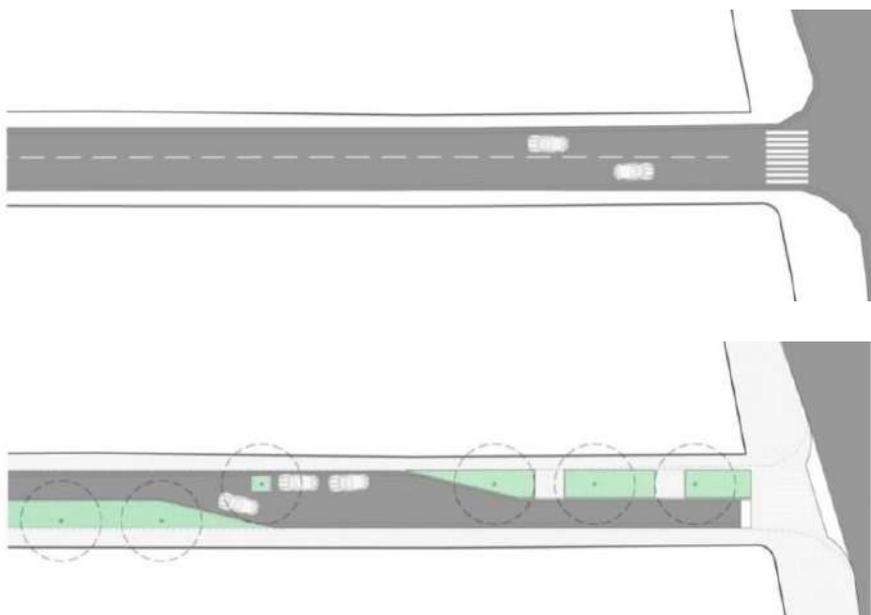


Figura 130 – Situação atual das ruas e embaixo exemplo das ruas com alteração no sentido de fluxo de veículos, inclusão das chicanas, canteiros e arborização.

Fonte: Rafael Murolo (2018).

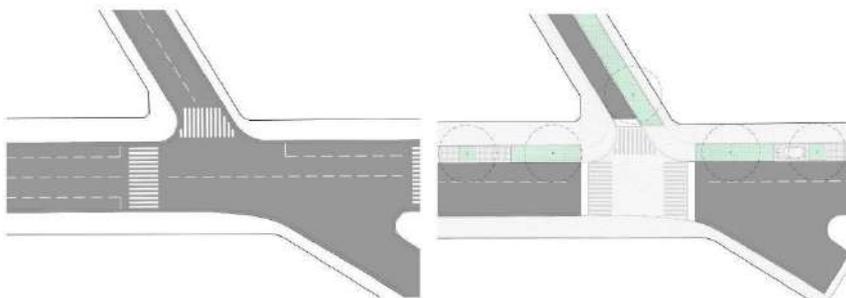


Figura 131 – Situação atual das esquinas e embaixo, proposta tipo para alargamento de esquinas, e abertura das faixas de vagas vivas.

Fonte: Rafael Murolo (2018).

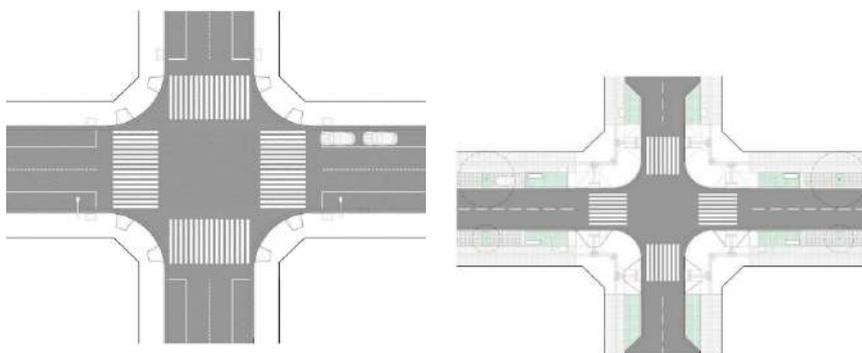


Figura 132 – Situação atual com grande área asfaltada e embaixo, proposta para diminuição da área asfaltada com implantação de travessias elevadas, piso drenante e arborização.

Fonte: Rafael Murolo (2018).

5. CONCLUSÃO

O trabalho conseguiu trazer resultados relevantes para a busca na intervenção da paisagem do Município de São Paulo, SP. Com um levantamento integrado de mapas, estatística e Geodesign pôde-se propor o aumento da arborização em todo território. Também com o levantamento da arborização da Zona Central e Leste pôde-se verificar o quanto estas carecem de áreas verdes e o quanto pode-se melhorar sua qualidade ambiental e de vida para seus habitantes.

Com a análise dos mapas realizados de uso e ocupação da terra, TST e índice de vegetação, foi possível verificar a dinâmica da urbanização, a diminuição das áreas verdes e o aumento da ICU nos períodos seco e úmido nos anos de 2020, 2022 e 2023, do município de São Paulo - SP. Nos meses secos ocorreu uma menor temperatura e menor NDVI e nos meses úmidos houve maior temperatura, e relativamente maior NDVI devido ao aumento da umidade. Na distribuição espacial, o maior NDVI e conseqüentemente a menor TST, ocorreram no extremo Norte, na Serra da Cantareira e no extremo Sul, na Subprefeitura de Parelheiros incluindo os arredores das represas Billings e Guarapiranga.

No ano de 2023 houve o aumento considerável do processo de urbanização, com ocorrência de espaços impermeáveis. A concentração de arborização urbana se 210 localiza nas Subprefeituras Pinheiros e Campo Belo, sendo que no conjunto da cidade de São Paulo evidenciou-se uma desigualdade na distribuição. Verificando-se o mapa de uso e ocupação da terra houve um aumento de 10,07% da área construída de 2022 a 2023, demonstrando um intenso aumento do mercado imobiliário concentrado na ZC e se espalhando principalmente para a ZL, mas também expandindo para a ZN, ZO e ZS. Por fim, obteve-se com o mapa de TST de 2023, a concentração da ICU no centro e com

espalhamento na ZL, ficando amena a temperatura na região do Parque do Carmo.

Neste trabalho foi dado o enfoque na ZC e ZL. Foi mapeado uso e ocupação da terra, TST e NDVI nos anos 2022 e 2023, nos períodos seco e úmidos para visualizar a realidade dessas zonas altamente urbanizadas e com carência de espaços verdes.

Na ZC, verificou-se a diminuição da porcentagem de copa de árvore ao longo dos anos em detrimento do aumento da área construída e com destaque a alta porcentagem de asfalto, atentando para o alto índice de superfície impermeável. Apesar de 2023 ter um pequeno aumento do NDVI em relação ao ano anterior, esta concentração de vegetação foi ainda mais restrita com predomínio no Distrito da Consolação e pontualmente no Distrito da Liberdade e Bom Retiro. Com a diminuição da vegetação houve o aumento da ICU.

Na ZL, a pesquisa demonstrou uma intensa paisagem de verticalização, com predominância de asfalto e área construída, apenas com alguns fragmentos de vegetação como o Parque do Carmo, sendo um ponto de frescor. Porém, a TST da ZL apresentou um aumento na temperatura, indicando uma maior ocorrência de ICUS, que pode estar associada a falta de vegetação desta área.

O mapa de levantamento da arborização viária demonstrou a desigualdade da distribuição espacial entre as Subprefeituras do município de São Paulo, com a concentração de árvores presente no “Quadrante Sudoeste”. Faz-se necessário pensar na inclusão dos espaços verdes, como a IV e aumento dos espaços permeáveis na cidade, para a busca de qualidade socioambiental.

As análises estatísticas que foram feitas para o município de São Paulo - SP e depois com o enfoque na ZC e ZL, onde foram relacionadas as duas variáveis: TST e NDVI, comprovou-se que a medida que ocorre a perda, diminuição do NDVI há o aumento da TST.

Também foi apresentado o levantamento da LCZ. No primeiro momento obteve-se na literatura o mapa das tipologias do uso da terra, incluindo as classes de construção e cobertura do solo para o município de São Paulo - SP, de acordo com Stewart e Oke (2012). Posteriormente,

efetuiu-se a LCZ da ZC e ZL no QGIS, assim como a volumetria de cada distrito obtida no GeoSampa. Na ZC o total da soma de todos os distritos em volumetria das habitações foi de 141.494.624.770 m³, representando essa Zona altamente populosa e edificada, destacando os distritos de República, Consolação e Santa Cecília.

Na ZL, o total da soma de todos os distritos em volumetria das habitações foi de 410.790.988.061 m³ demonstrando sua alta densidade populacional e de edificações, em especial com alta verticalização, com maior concentração nos distritos Sapopemba, Mooca, Penha, Tatuapé e Itaquera.

O Geodesign foi elaborado com um workshop, com uma equipe multidisciplinar, a fim de obter soluções para paisagem urbana de São Paulo, nos três eixos ambiental, mobilidade e clima. No eixo ambiental, comprovou-se que a cobertura arbórea da área de estudo podia ser aumentada em 40%, sendo mais que a meta de 30% e no âmbito da mobilidade e clima buscou-se atingir os ODS. O design final foi obtido de forma colaborativa e pretendeu-se demonstrar a dinâmica da paisagem e como a arborização urbana está distribuída na área de estudo. De forma colaborativa propondo a sua ampliação para criar espaços mais agradáveis de convívio para lazer, contemplação e amenização da temperatura urbana, ou seja, diminuição da ICU e a busca da qualidade de vida dos seus habitantes.

Em seguida foi realizada uma intervenção buscando o aumento de arborização na ZC e ZL. Notou-se que houve uma proposta de inserção de árvores, acrescentando 3.377 árvores no total. Demonstrou-se também que a maior inserção de árvores se deu nas Subprefeituras mais carentes, no caso a Subprefeitura de Itaquera acrescentando 366 árvores, a Vila Prudente com sua grande expansão pode-se inserir 379 árvores, a Penha com aumento de 314 árvores e Itaim com mais 316 árvores.

O uso das geotecnologias com a análise estatística, e de Geodesign, podem contribuir para uma análise integrada da paisagem, com busca em SbN.

Assim, essa pesquisa interdisciplinar e multiescalar buscou ampliar a aplicação da IV e conhecimento das SbN, uma vez que há necessidade de aprofundar essa temática e assim poder avançar na operacionalização dos princípios da SbN nas áreas urbanas e contribuir para as políticas públicas, planejamento urbano e 212 intervenção da ampliação do verde de forma eficaz na paisagem embasando as políticas públicas do município de São Paulo.

Dessa forma, a pesquisa pôde abordar soluções eficazes de políticas públicas que incluíssem a gestão adequada das áreas verdes nas cidades, com enfoque na arborização, de forma a fornecer maior qualidade de vida aos habitantes. Sugere-se que este modelo possa ser aplicado em outros municípios assim como futuramente há o desejo de se aprofundar a análise para a Região Metropolitana de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- ADDAS, A. Optimizing urban green infrastructure using a highly detailed surface modeling approach. **Discover Sustainability**, v. 5, n. 1, p. 75, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00266-7>
- AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS. 2022. Projeto institui marco regulatório da arborização urbana. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/854844-projeto-institui-marco-regulatorio-da-arborizacao-urbana/>>. Acesso em: 20 set. 2023.
- AHERN, J. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 4, p. 341-343, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>
- AHERN, J. Green Infrastructure for cities. The spatial dimension. In Cities of the future (Ed. V. Novotny). **Towards Integrated Sustainable Water and Landscape Management**. London: IWA Publications, 2007. p.267-283.
- AHERN, J. Sustainability, Urbanism and Resilience. **Palestra na Primeira Conferência de Humanidades e Indústria Criativa**, Universidade de Tecnologia Nacional Chyn-Yi, Taichung, Taiwan, p. 4-22. 2009.
- ALCOFORADO, M. J. et al. **Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa**. Área de Investigação de Geo-Ecologia, Relatório n.º 4, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 81 p, 2005. Disponível em: <https://www.lisboa.pt/fileadmin/portal/temas/urbanismo/planeamento_urbano/PDM/1_alteracao/relatorio_orientacoes_climaticas_ordenamento_lisboa.pdf>. Acesso em: 23 jun 2024.
- ALI-TOUDERT, F., MAYER, H. Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban

street canyons. **Solar Energy**, v. 81, n. 6, p. 742-754, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.10.007>

ALMAAITAH, T. et al. The potential of blue-green infrastructures as a climate change adaptation strategy: A systematic literature review. **Blue-Green Systems**, v. 3, n. 1, p. 223-248, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2166/bgs.2021.016>

ALMEIDA, A. L. B. S. de S. **O valor das árvores: árvores e floresta urbana de Lisboa**. 2006. Tese (Doutorado em Arquitetura Paisagista), Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.5/469>>. Acesso em: 22 jun 2024.

ALMEIDA, L. Economia Verde: a reiteração de ideias à espera de ações. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 93-103, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100007>

ALONSO, A.; COSTA, V. Para uma sociologia dos conflitos ambientais no Brasil. In: Alimonda, H.(ed) **Ecologia Política. Natureza, Sociedad y Utopia**. Buenos Aires: CLACSO. 2002. 115-137p.

ALVES, H. P. da F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 23, p. 43-59, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-30982006000100004>

AMANI-BENI, M. et al. Impacts of urban green landscape patterns on land surface temperature: Evidence from the adjacent area of Olympic Forest Park of Beijing, China. **Sustainability**, v. 11, n. 2, p. 513, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11020513>

AMARAL, R. do. **Os processos ecológicos de suporte no planejamento e projeto da infraestrutura verde regional: estudos dos fluxos de carbono na paisagem**. 2023. 312p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2023.

AMARAL, R.; COSTA, S. de A. P.; MUZZI, M.R. S. O sequestro de carbono em trechos da floresta urbana de Belo Horizonte: por um sistema de espaços livres mais eficiente no provimento de serviços

ecossistêmicos urbanos. **Paisagem e Ambiente**, n. 39, p. 163-179, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i39p163-179>

AMATO-LOURENÇO, L.F. et al. Metrópolis, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, p. 113-130, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100008>

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, v. 9, n. 1, p. 71-90, 2010. DOI: 0.4215/RM2010.0901.0005

AMOROSO, N.(ed.). **Representing landscapes: digital**.Routledge, 2015. 292p.

ARANDA, B. F.; DA SILVA FILHO, D. F.; DE CAMARGO NETO, L. Proposição de diretrizes para certificação pública de arborização urbana-estudo de caso. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 17, n. 1, p. 37-55, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v17i1.84313>

ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, v. 23, n.1, p 1–26. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.859>

BALLAL, H. **Collaborative planning with digital design synthesis**. 265p. 2015. Tese (Doctor of Philosophy), Faculty of Built Environmental, University College London, London, 2015. Disponível em: < <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1471177/1/HB-Thesis-Master.pdf>>. Acesso em: 22 jun 2024.

BALLAL, H.; STEINITZ, C. **A workshop in digital Geodesign synthesis**. Buhmann, E., Ervin, SM, E. Pietsch, M.(eds.) Herbert Wichmann Verlag, Berlin, p. 400-408, 2015.Disponível em: <https://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/537555043.pdf> . Acesso em: 23 jun 2024.

BARROS, A. S.; FARIAS, L.M de; MARINHO, J. L. A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na caracterização da cobertura vegetativa de Juazeiro do Norte - CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 2885- 2895, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.6.p2885-2895>

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo - SP. **Geosp – Espaço e Tempo**, v. 20, n. 1, p. 160-177, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2016.97783>

BÉLANGER, P. Landscape infrastructure: urbanism beyond engineering. *In: **Infrastructure sustainability and design***. Routledge, 2013. p. 276-315.

BELL, S. et al. Urban forest policy and planning. *In: Konijnendijk, C. C.; Nilsson, K.; Randrup, T. B.; Schipperijn, J. (Eds.). Urban forests and trees: a reference book. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**. 2005. p. 117-147. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Alan-Simson-2/publication/278714131_Design_of_Urban_Forests/links/5e84862392851c2f52713a90/Design-of-Urban-Forests.pdf>. Acesso em: 23 jun 2024.*

BENEDICT, M.A.; MCMAHON, E.T. **Green infrastructure: Linking landscape and communities**. Washington: Island Press, 2006. 320p.

BENINI, S. M. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: estudo de caso da cidade de Tupã/SP**. 2015. 218p. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/123900>>. Acesso em: 1 fev. 2021.

BERTÉ, R. **Gestão socioambiental no Brasil**. Curitiba. InterSaberes, (Série Desenvolvimento Sustentável). 2013. 270p.

BESSE, J. M. et al. **O gosto do mundo: exercícios de paisagem**. Rio de Janeiro: EdUERJ. 2014. 234p.

BESSE, J. M. Il paesaggio dei beni comuni: luoghi, pratiche, concetti. *In: PANZINI, Franco (ed.). **Prati urbani. I prati coletivinel paesaggio della città***. Treviso: Fondazione Benetton Studi Ricerche Antuga Edizione, 2018. pp.64-76

BESSE, J.M. As cinco portas da paisagem—ensaio de uma cartografia das problemáticas paisagísticas contemporâneas. (In)

BESSE, J.M. O gosto do mundo: exercícios de paisagem. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2014. p. 11-66.

BIAS, E.S.; BAPTISTA, G.M.M.; LOMBARDO, M. A. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,9., Belo Horizonte, 2003. **Anais.** Belo Horizonte: INPE, p. 1741 – 1748, 2003.

BINELI, A.R.R.; SAIS, A.C.; GONÇALVES, R.H. Banco de dados geográfico para cidades de pequeno porte: estudo de caso da Cidade de Andradas, MG. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5121-5126. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.13.03.49/doc/5121-5126.pdf>>. Acesso em: 22 jun 2024.

BONAMETTI, J. H. Arborização urbana. **Revista Terra e Cultura**, v. 19, n. 36, p. 51-55, 2020. Disponível em: <<http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/1412/1355>>. Acesso em: 26 jan. 2021.

BONAMETTI, J. H. Paisagem urbana bases conceituais e históricas. **Revista Terra e Cultura**, v. 20, n. 38, p. 107-123, 2020. Disponível em: <https://web.unifil.br/docs/revista_eletronica/terra_cultura/38/Terra%20e%20Cultura_38-10.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2024.

BONZI, R.S. In: PELLEGRINO, P. R. M; MOURA, N. C. B. de. **Estratégias para uma infraestrutura verde.** 2017. p. 1-24.

BONZI, R.S. O zoneamento ambiental geomorfológico como método para planejar a infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas. **Revista LABVERDE**, n. 10, p. 104-132, 2015. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v1i10p104-132>

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal, 2016. 496 p. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Li_vro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 22 jun. 2024.

BRAUER M., HYSTAD P. Commentary: Cities and health... let me count the ways. **Epidemiology**, v. 25, n. 4, p.526-527, 2014. DOI: 10.1097/EDE.0000000000000110

BRITO, G.; REZENDE, P.; NASCIMENTO, V. **O futuro da cidade é branco? Plano Diretor de SP diz que sim**. São Paulo: Labcidade, 2023. Disponível em: <https://www.labcidade.fau.usp.br/o-futuro-da-cidade-e-branco-plano-diretor-de-sp-diz-que-sim/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BROWDER, G. et al. **Integrating Green and Gray: Creating Next Generation Infrastructure**. Washington, DC: World Bank and World Resources Institute. World Bank and World Resources Institute. 2019

BRUN, F. G. K. et al. Legislações Municipais do Rio Grande do Sul referentes à arborização urbana – estudo de casos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 3, n. 3, p. 44-64, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v3i3.66365>

BUCKERIDGE, M. S. Árvores urbanas em São Paulo: Planejamento, economia e água. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 85-101, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200006>

CAICHE, D. T. **Normatização da arborização urbana: produção, conflitos e perspectivas**. 2020. 141p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/12721>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CALHOUN, Z. D. et al. Estimating the effects of vegetation and increased albedo on the urban heat island effect with spatial causal inference. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 540, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50981-w>

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei Federal nº 4309/2021, de 9 de novembro de 2022**. Política Nacional de Arborização Urbana. Disponível em: <https://www.congressonacional.leg.br/materias/materias-bicamerais/-/ver/pl-4309-2021>. Acesso em: 23 jun 2024.

CAMPAGNA, M. Metaplaning: About designing the Geodesign process. **Landscape and Urban Planning**, v. 156, p. 118-128, 2016. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2015.08.019

CARMIN, J., ANGUELOVSKI, I., ROBERTS, D. Urban climate adaptation in the Global South: Planning in an emerging policy domain. **Journal of Planning Education and Research**, v. 32, n. 1, p. 18-32, 2012. DOI:10.1177/0739456X1143095

CATUZZO, H. **Telhado verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo**. 2013, 207p. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. CGESP. **Fim de noite com 24°C**. Disponível em:

<[https://www.cgesp.org/v3/noticias.jsp?data=2023-11-13#:~:text=Nesta%20segunda%2Dfeira%20\(13\),C%20de%20m%C3%A9dia%20na%20cidade](https://www.cgesp.org/v3/noticias.jsp?data=2023-11-13#:~:text=Nesta%20segunda%2Dfeira%20(13),C%20de%20m%C3%A9dia%20na%20cidade)>. Acesso em: 22 jun 2024.

COHEN, W, et al. An improved strategy for regression of biophysical variables and Landsat ETM+ data. **Remote Sensing of Environment**, v. 84, p. 561-571, 2003. DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00173-6

COHEN-SHACHAM, E., et.al. **Nature-based solutions to address global societal challenges**. IUCN: Gland, Switzerland. 2016. 97p. Disponível em: < <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>>. Acesso em 23 jun 2024.

COMISSÃO EUROPEIA, CE. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/commission/>>. Acesso em: 25 jan. 2020.

COMISSÃO EUROPEIA, CE. **Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities**: Final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities'. Full version. Publications Office of the European Union. 2015. 74p. Disponível em: < <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202>>. Acesso em: 23 jun 2024.

CONTE, A. et al. Aula Verde (tree room) as a link between art and science to raise public awareness of nature-based solutions.

Scientific Reports, v. 14, n. 1, p. 2368, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51611-9>

CORMIER, N; PELLEGRINO, P. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem e Ambiente**. n. 25, 2008. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i25p127-142>

CROWN, C. A. et al. Cooling Cities: Harnessing natural areas to combat urban heat. **Natural Areas Conservancy**, NY, 2023. 30p. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/372986632_Cooling_Cities_Harnessing_Natural_Areas_to_Combat_Urban_Heat>. Acesso em: 22 jun 2024.

CROWTHER, T. W. et al. Mapping tree density at a global scale. **Nature**, v. 525, p. 201-205, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature14967>

CRUSIOL, L. et al. Influência do horário das medições nos valores de NDVI. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/928534/influencia-do-horario-das-medicoes-nos-valores-de-ndvi>>. Acesso em: 22 jun 2024.

CZAJA, M., et al. The complex issue of urban trees - stress factor accumulation and ecological service possibilities. **Forests**, v 11, n.9, p. 932. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11090932>

DA SILVA FILHO, D. F. et al. Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução. **Scientia Forestalis**, n. 67, p. 88-100, 2005. Disponível em: < <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr67/cap09.pdf>>. Acesso em: 22 jun 2024.

DA SILVA FILHO, D. F. Falta de planejamento na arborização urbana contribui para queda de árvores durante temporais. [Entrevista concedida] Entrevistadora: R. Ré. São Paulo: Jornal da USP no Ar 1ª edição, Rádio USP, São Paulo, nov. 2023. Disponível em: < <https://jornal.usp.br/radio-usp/falta-de-planejamento-na-arborizacao-urbana-contribui-para-queda-de-arvores-durante-temporais/>> Acesso em: 20 nov. 2023.

DANGERMOND, J. Geodesign and GIS—designing our

futures. **Proceedings of Digital Landscape Architecture**, 502-514, 2010. Disponível em: <<https://cafetarjome.com/wp-content/uploads/3685/translation/61be5912b93a4668.pdf>>. Acesso em: 22 jun 2024.

DANGERMOND, J. GIS: Designing our future. ArcNews, Summer, 2009. Disponível em: <<http://www.esri.com/news/arcnews/summer09articles/gis-designing-our-future.html>>. Acesso em: 10 jan 2022

DE MOURA COSTA, H. S.; BRAGA, T. M. **Entre a conciliação e o conflito: dilemas para o planejamento e a gestão urbana e ambiental**. Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 24p. 2002.

DE OLIVEIRA, L. A.; DE CARVALHO, É. E. T.; MEDEIROS, J. M. M. Experience of a Geodesign Workshop in the Metropolitan Region of Palmas, Tocantins, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 81865-81881, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-412>

DE SANTANA, S.A. Geoprocessamento na modelagem parametrizada da paisagem territorial: aplicações da geovisualização na simulação da paisagem urbana. 2014. 244p. Tese (Doutorado em Arquitetura), Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9KPHUK>>. Acesso em: 22 jun 2024.

DEMOGRAPHIA WORLD URBAN AREAS. Built-up Urban Areas or Urban Agglomerations. 2019. 103p. Disponível em <<http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2021

DESSÌ, V. Urban materials for comfortable open spaces. *In: World Renewable Energy Congress-Sweden; 8-13 May; 2011; Linköping; Sweden*. Linköping University Electronic Press, 2011. p. 3300-3307. Disponível em: <https://ep.liu.se/en/conference-article.aspx?series=ecp&issue=57&volume=12&Article_No=39>. Acesso em: 22 jun 2024.

DEVECCHI, A. M. et al. Desenhando cidades com Soluções baseadas na Natureza. **Parcerias Estratégicas**, v. 25, n. 50, p. 217-234, 2021.

DONOVAN, G. H. et al. The association between tree planting and mortality: A natural experiment and cost-benefit analysis. **Environment International**, v. 170, p. 107609, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107609>

DORIGO, W. A, et al. A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem modeling. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.9, p.165-193, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2006.05.003>

DOS SANTOS TOLEDO, F.; DOS SANTOS, D. G. Espaços livres de construção. **Revista da sociedade brasileira de arborização urbana**, v. 3, n. 1, p. 73-91, 2008. DOI: 10.5380/revsbau.v3i1.66254

DRUMOND, M. A. et al. Estado da arte da arborização urbana de Petrolina, PE. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 24.; CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3.; CAMPEONATO BRASILEIRO DE ESCALADA EM ÁRVORES, 11.; CONGRESSO BRASILEIRO MIRIM DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., 2022, Campo Grande. Floresta urbana viva. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 2022., 2022. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1150678/1/Estado-da-arte-da-arborizacao-urbana-2022.pdf>>. Acesso em: 22 jun 2024.

DUARTE, D. H. S. **O impacto da vegetação no microclima em cidades adensadas e seu papel na adaptação aos fenômenos de aquecimento urbano. Contribuições a uma abordagem interdisciplinar**. 2015. 169p. Tese (Doutorado em Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015. Disponível em: < <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/16/tde-11052016-104104/pt-br.php>>. Acesso em: 22 jun 2024.

DUARTE, D.H.S. **Padrões de ocupação de solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental**. 2000. 278 p. Tese

(Doutorado em Arquitetura) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

EEA Glossary, European Environmental Agency. Disponível: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary#c4=10&c0=all&b_start=0>. Acesso em: 25 mai 2023.

EMBRAPA TERRITORIAL. Satélites de Monitoramento. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

ESPERON-RODRIGUEZ, M. et al. Mapping the climate risk to urban forests at city scale. **Landscape and Urban Planning**, v. 248, p. 105090, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105090>

FAIVRE, N. et al. Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. **Environmental research**, v. 159, p. 509-518, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.032>

FEITOSA, S. M. R. **Alterações climáticas em Teresina - PI decorrentes da urbanização e supressão de áreas verdes.** 2010. 112p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=918417&biblioteca=CPAMN&busca=autoria:%22S%22&qFacets=autoria:%22S%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=11>>. Acesso em: 22 jun 2024.

FERNANDES, E. Direito e gestão na construção da cidade democrática no Brasil. **Oculum Ensaios**, n. 4, p. 16-33, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.puc-campinas.edu.br/oculum/article/view/783>>. Acesso em: 17 out 2022.

FERREIRA, A. S. **Uso de geoprocessamento e geotecnologias no mapeamento de áreas de vulnerabilidade à inundação no perímetro urbano do município de Humaitá, Sudoeste da Amazônia.** 2019. 51p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2019. Disponível em: <<https://www.rii>

ufam.edu.br/bitstream/prefix/5644/4/TCC_AirtonFerreira_Engenharia%20Ambiental.pdf>. Acesso em: 22 jun 2024.

FERREIRA, D. G. **A influência da superfície urbana na variação da temperatura de superfície: uma proposta metodológica de análise.** 2021, 122p. Tese (Doutorado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável), Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/36637>>. Acesso em: 22 jun 2024.

FERREIRA, L. S. Vegetação em áreas urbanas: benefícios e custos associados. **Revista LABVERDE**, n. 6, p. 124-143, 2013. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i6p124-143>

FERREIRA, M. L.; ZABOTTO, A.; PERIOTTO, F. (Ed.). **Verde urbano.** Unaspres, 2021. 217p.

FLAXMAN, M. Geodesign: Fundamental Principles and Routes Forward. **Talk at GeoDesign Summit.** 2010. Disponível em: <<https://www.esri.com/videos/watch?videoid=elk067YU2s8>> Acesso em: 17 dez. 2021.

FLAXMAN, M. **Geodesign: Fundamentals and Routes Forward.** Presentation to the Geodesign Summit, Redlands, CA, 2010.

FONSECA, B.M.; RIBAS, R.P.; MOURA, A.C. Aplicação dos conceitos e métricas de ecologia da paisagem na gestão da paisagem urbana. **Paisagem e Ambiente**, n. 38, p. 71-85, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i38p71-85>

FRAGA, R. G. **Soluções baseadas na natureza: elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileiras.** 2020.173p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável), Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: <http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/40877/1/2020_RaizaGomesFraga.pdf>. Acesso em: 22 jun 2024.

FRAGA, R. G.; SAYAGO, D. A. V. Soluções baseadas na natureza: uma revisão sobre o conceito. **Parcerias Estratégicas**, v. 25, n. 50, p. 67-82, 2020.

FRANCO, M. de A. R. Infraestrutura Verde em São Paulo: o caso do Corredor Verde Ibirapuera-Villa Lobos. **Revista LABVERDE**, n. 1,

p. 135-154, 2010. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p135-154>

FRISCHENBRUDER, M.T. M.; PELLEGRINO, P.R.M. Using greenways to reclaim nature in Brazilian cities. **Landscape and Urban Planning**, v. 76, n.1-4, p. 67-78, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.09.043>

4FRUEHAUF, A. L. **Análise do uso da terra, campo térmico e índice de vegetação para a implantação de uma infraestrutura verde na busca da qualidade ambiental urbana na Subprefeitura de Butantã, no município de São Paulo - SP**. 2020, 105p.

Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020. Disponível em: < https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-01102020-171031/publico/Amanda_Lombardo_Fruehauf_versao_revisada.pdf>. Acesso em: 22 jun 2024.

FRUEHAUF, A. L.; LOMBARDO, M. A.; PELLEGRINO, P.R.M. The use of geotechnologies in the analysis of vegetation index and heat island in the city of São Paulo, SP, Brazil. In: **Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning**. p. 52. 2019. DOI: <https://doi.org/10.7275/x4re-a305>

FUKS, M. Arenas de ação e debate públicos: conflitos ambientais ea emergência do meio ambiente enquanto problema social no Rio de Janeiro. **Dados**, v. 41, p. 87-113, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0011-52581998000100003>

FUNARI, A. P. Padrão de concentração de estruturas em São Paulo-quais perspectivas para a transformação urbana?. In: Balbim, C.K. (Eds). **Eixos de estruturação da transformação urbana: inovação e avaliação em São Paulo**. Rio de Janeiro: Ipea,2016. pp. 53-100. Disponível em: < <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9192/1/Padr%c3%a3o%20de%20concentra%c3%a7%c3%a3o.pdf>>. Acesso em 23 jun 2024.

G1 SP - São Paulo. **Calçadas apertadas, poda malfeita, ventos fortes e fiação elétrica aérea: entenda por que tantas árvores caem em São Paulo**. G1, Globo. São Paulo, 06/11/2023. Disponível em:

<<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2023/11/06/cal-cadas-apertadas-poda-mal-feita-ventos-fortes-e-fiacao-eletrica-aerea-entenda-por-que-tantas-arvores-caem-em-sao-paulo.ghtml>>. Acesso em 14 nov. 2023.

GARCÍA, F. F.; MARTILLI, A. El clima urbano: aspectos generales y su aplicación en el área de Madrid. **Revista Índice**, n.50, p. 21-24, 2012. DOI: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4167790>

GARTLAND, L. Ilhas de calor. **São Paulo: Oficina de Textos**, 2010. 247p.

GEORGE, J. S.; PAUL, S. K.; DHAWALE, R. Contrasting urban greenness across cities with varying trends in above-normal weather events. **Nature-Based Solutions**, v. 1, p. 100008, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2021.100008>

GEOSAMPA. **Mapa digital da cidade de São Paulo**. Disponível em: <http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx>. Acesso em: 20 set 2021.

GÓMEZ MARTÍN, E. et al. Using a system thinking approach to assess the contribution of nature based solutions to sustainable development goals. **Science of the Total Environment**, v. 738, p. 139693, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139693>

GONÇALVES, L. M.; et al. Arborização Urbana: a Importância do seu Planejamento para Qualidade de Vida nas Cidades. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 22, n. 2, p. 128–136, 2018. DOI: 10.17921/1415-6938.2018v22n2p128-136.

Disponível em: <https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaio-ciencia/article/view/6026>. Acesso em: 28 ago. 2024.

GOULART, F. de M. **Contribuição da arborização urbana para a mobilidade ativa**. 2018. 143p. Dissertação (Mestrado em Psicologia Social, do Trabalho e das Organizações)— Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

GRABOWSKI, Z. J. et al. What is green infrastructure? A study of definitions in US city planning. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 20, n. 3, p. 152-160, 2022. DOI: 10.1002/fee.2445

GRÖNING, G. Aspectos da cultura do jardim e do desenvolvimento dos espaços livres na Alemanha. **RAEGA-O Espaço Geográfico em Análise**, n. 11, p. 143-170, 2006. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/download/7755/7160>>. Acesso em: 22 jun 2024.

GUTAMA, H.; IRESHA, F. M. Evaluation of solid waste management effectiveness in Indonesia from 2019-2021: a geographic information system analysis. *In*: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2023. p.012067. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/376280535_Evaluation_of_solid_waste_management_effectiveness_in_Indonesia_from_2019-2021_a_geographic_information_system_analysis>. Acesso em: 22 jun 2024.

HANNES, E. Espaços abertos / espaços livres: um estudo de tipologias. **Paisagem E Ambiente**, n. 37, p. 121-144. 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i37p121-144>

HANSEN, R, PAULEIT, S. From multifunctionality to multiple ecosystem services? A conceptual framework for multifunctionality in green infrastructure planning for urban areas. **Ambio**, v. 43, p. 516 29, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0510-2>

HAO, Z. et al. Can urban forests provide acoustic refuges for birds? Investigating the influence of vegetation structure and anthropogenic noise on bird sound diversity. **Journal of Forestry Research**, v. 35, n. 1, p. 33, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-023-01689-0>

HELMS, J., (Ed.). Dictionary of forestry. **Bethesda, MD: Society of American Foresters**. 1998. 210p.

HERZOG, C. P. Green infrastructure as a strategy to reinstate resilience to an urban watershed in Rio de Janeiro, Brazil. *In*: **Sessão paralela - Intelligent Urban Fabric**. 1st World Congresson

Cities and Adaptation to Climate Change. Resilient Cities. Bonn, p.28-30, 2010.

HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura Verde:

Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista**

LABVERDE, n. 1, p. 92-115, 2010. DOI: 10.11606/issn.2179-

2275.v0i1p92-115

HERZOG, C.P. **Nature-based Solution Are Gaining Momentum in**

Brazilian Cities. The Nature of Cities, Rio de Janeiro, 15 novembro

de 2023. Disponível em: < [https://www.thenature](https://www.thenatureofcities.com/2023/11/15/nature-based-solutions-are-gaining-momentum-in-brazilian-cities/)

[ofcities.com/2023/11/15/nature-based-solutions-are-gaining-](https://www.thenatureofcities.com/2023/11/15/nature-based-solutions-are-gaining-momentum-in-brazilian-cities/)

[momentum-in-brazilian-cities/](https://www.thenatureofcities.com/2023/11/15/nature-based-solutions-are-gaining-momentum-in-brazilian-cities/) > Acesso em: 16 nov. 2023.

HERZOG, C.P. Soluções baseadas na Natureza para um novo

paradigma no tratamento de esgoto em áreas

urbanizadas. **Parcerias Estratégicas**, v. 25, n. 50, p. 133-158. 2020.

Disponível em: < [https://seer.cgee.org.br/parcerias_estrategicas/](https://seer.cgee.org.br/parcerias_estrategicas/article/view/949/857#:~:text=Sistemas%20de%20tratamento%20de%20esgoto,apresentadas%20ao%20longo%20do%20artigo.)

[article/view/949/857#:~:text=Sistemas%20de%20tratamento%20de](https://seer.cgee.org.br/parcerias_estrategicas/article/view/949/857#:~:text=Sistemas%20de%20tratamento%20de%20esgoto,apresentadas%20ao%20longo%20do%20artigo.)

[%20esgoto,apresentadas%20ao%20longo%20do%20artigo.](https://seer.cgee.org.br/parcerias_estrategicas/article/view/949/857#:~:text=Sistemas%20de%20tratamento%20de%20esgoto,apresentadas%20ao%20longo%20do%20artigo.)>. Acesso

em 22 jun 2024.

HILDEBRAND, E.; GRAÇA, L. R.; HOEFLICH, V. A. “Valoração

contingente” na avaliação econômica de áreas verdes urbanas. **Floresta**,

v. 32, n. 1, p. 121-132, 2002. Disponível em: <[https://revis.tas.ufpr.](https://revis.tas.ufpr.br/floresta/article/download/2353/1967)

[br/floresta/article/download/2353/1967](https://revis.tas.ufpr.br/floresta/article/download/2353/1967)>. Acesso em: 22 jun 2024.

HOLBEN, B. N. Characteristics of maximum-value composite

images from temporal AVHRR data. **International Journal of**

Remote Sensing. v. 7, n. 11, p.1417-1434, 1986. DOI:10.1080/01

431168608948945

HOOVER, F.A. et al. Why go green? Comparing rationales and

planning criteria for green infrastructure in US city plans.

Landscape and Urban Planning, v. 237, p. 104781, 2023. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104781>

IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <[https://censo2010.ibge.gov.br/](https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=35)

[sinopse/index.php?uf=35](https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=35)>. Acesso em: 10 ago. 2020.

IBGE. **Censo 2022**. Disponível em: <[https://cidades.ibge.gov.br/b](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama)

[rasil/sp/sao-paulo/panorama](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama) >. Acesso em: 20 out. 2023.

IGC - **International Geodesign Collaboration**, 2021. Disponível em <<https://www.igcollab.hub.arcgis.com/>>. Acesso em: 5 jun. 2022.

IMHOF, M. L. et al. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 3, p. 504-513, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.10.008>

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Distrito de Meteorologia em São Paulo (SP e MS). Inverno 2023: balanço da estação em São Paulo (SP). 2023. Disponível em: <portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 22 Jan. 2024.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Divisão de geração de imagens. Disponível em: <<http://www2.dgi.inpe.br/catalogo/explore>>. Acesso em: 30 abril. 2021.

ITDP. **Índice de Caminhabilidade. Ferramenta, Versão 2.0**. Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://itdpbrasil.org/icam2/>>. Acesso em: 22 jun 2024.

IUCN. **Commission on Ecosystem Management - Nature-based solutions**, 2016. Disponível em :<<https://www.iucn.org/commissions/commission-ecosystemmanagement/our-work/nature-based-solutions>>. Acesso em: 10 nov 2021.

JACKSON, J. B. et al. **À la découverte du paysage vernaculaire**. Actes Sud; ENSP/Centre du paysage, 2003. 288p.

JESUS, B. L. P. de. **Análise da percepção da variação do campo térmico na cidade de São Paulo-SP: o exemplo da subprefeitura Sé**. 2011. 46p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/02271671-6d1b-49d4-9553-0dcff897b427/content>>. Acesso em: 22 jun 2024.

JESUS, B. L.P. de. **A relação entre a temperatura radiométrica de superfície (Land Surface Temperature - LST), índice de vegetação (Normalized Difference Vegetation Index-NDVI) e os diferentes**

padrões de uso da terra do município de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-11012016-143102/publico/2015_BrunaLuizaPereiraDeJesus_VOrig.pdf>. Acesso em: 22 jun 2024.

KANG, L. Street architecture landscape design based on Wireless Internet of Things and GIS system. **Microprocessors and Microsystems**, v. 80, p. 103362, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103362>

KANTARTZIS, A. **Alternative Sustainable Green Infrastructure Planning: Re-organizing Urban Waterfront Resilient Mediterranean Landscapes Via an Innovative “Greenways-Green Walls-Green Roofs” Integrated System.** The Case of Igoumenitsa, Greece. Repository Istituzionale, p. 169, 2019. Disponível em: <<https://iris.polito.it/retrieve/handle/11583/2638390/101949/UNISCAPE%20En%20Route%20n.2.pdf>>. Acesso em: 20 maio. 2022.

KARAKOUNOS, A. DIMOUDI, S. ZORAS, The influence of bioclimatic urban redevelopment on outdoor thermal comfort. **Energy and Buildings**. v.158 p. 1266-1274, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.035>

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977. PMID: 843571. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/843571/>>. Acesso em: 22 jun 2024.

LANGEMEYER, J.; BARÓ, F. Nature-based solutions as nodes of green-blue infrastructure networks: A cross-scale, co-creation approach. **Nature-Based Solutions**, v. 1, 11p, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2021.100006>

LEITE, M. A. F. P. Um sistema de espaços livres para São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71 p. 159-174, 2011. Disponível em: <<https://revistas.usp.br/eav/article/view/10604>>. Acesso em: 22 jun 2024.

LI, H., et al. Mapping and analyzing the park cooling effect on urban heat island in an expanding city: A case study in Zhengzhou

City, China. **Land**, v. 9, n. 2, 57, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9020057>

LI, H., et al. Mapping and Assessment of the Urban Heat Island in Zhengzhou City. *In*: Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning. p. 38. 2019. 6(1).
doi: <https://doi.org/10.7275/5d37-w405>

LIRA, V. M. de; et al. Análise espectral de índice de vegetação em área irrigada com cana-de-açúcar. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, Brasília, DF, v. 6, n. 1, 2009. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=183>>. Acesso em: 22 jun 2024.

LIU, T.; YANG, X. Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. **Applied Geography**, v. 56, p. 42-54, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.10.002>

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Editora UNIDERP, 2007. 908p.

LOCATELLI, M.M. **Ecologia da paisagem para o planejamento da infraestrutura verde da cidade de São Paulo, SP**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018. 92p.

LOMBARDO, M. A. A ilha de calor de São Paulo. **Revista Ambiente**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 14–18, 1988. Disponível em: <https://revista.cetesb.sp.gov.br/revista/article/view/49>. Acesso em: 12 dez. 2022.

LOMBARDO, M. A. **Qualidade ambiental e planejamento urbano: considerações de método**. 1995. 529p. Tese (Título de Livre Docência em Geografia), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), Universidade de São Paulo, São Paulo, 529 p. 1995. Disponível em: < <https://repositorio.usp.br/item/000741755>>. Acesso em: 22 jun 2024.

LOMBARDO, M. A.; FRUEHAUF, A. L.; PELLEGRINO, P. R. M.

Clima urbano nas metrópoles e seus impactos ambientais. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 434-448, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-029>

LOMBARDO, M.A. et al. **Atlas da Vulnerabilidade Socioambiental da Região Metropolitana de São Paulo**. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE):UNESP. 2016. 60p.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor nas metrópoles: O exemplo de São Paulo**. São Paulo, 244 p. Ed. Hucitec, 1985.

LOPES, A. et al. The influence of the summer sea breeze on thermal comfort in Funchal (Madeira). A contribution to tourism and urban planning. **Meteorologische Zeitschrift**. p. 553-564, 2011. DOI: [10.1127/0941-2948/2011/0248](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2011/0248)

LOPES, A. **modificações no clima de Lisboa como consequência do crescimento urbano, vento, ilha de calor de superfície e balanço energético**. 2003. 375p. Tese (Doutoramento em Geografia Física), Universidade de Lisboa, Lisboa, 2003.
Disponível em: < http://zephyrus.ulisboa.pt/sites/default/files/pub/ts/phd_al_2003.pdf>. Acesso em: 22 jun 2024.

LOPES, H. et al. Análise de índices de vegetação na bacia o rio Brígida, sertão do estado de Pernambuco. *In*: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010b.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. Estudo da variabilidade do "Índice De Vegetação por Diferença Normalizada/NDVI" Utilizando Krigagem Indicativa. **Holos Environment**, v. 4, n. 1, p. 38–55, 2004. DOI: [10.14295/holos.v4i1.398](https://doi.org/10.14295/holos.v4i1.398)

MACE, G. M.; NORRIS, K.; FITTER, A. H. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 27, n. 1, p.19-26, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>

MADUEIRA, H. Infra-estrutura verde na paisagem urbana contemporânea: o desafio da conectividade e a oportunidade de multifuncionalidade. **Revista da Faculdade de Letras – Geografia**,

n.1, p.33-43, 2012. Disponível em: < <https://ojs.letras.up.pt/index.php/geografia/article/view/10>>. Acesso em: 22 jun 2024.

MAGNOLI, M. M. Em busca de “outros” espaços livres de edificação. **Paisagem e Ambiente**, n. 21, p. 141-173, 2006. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i21p141-173>

MANUAL TÉCNICO DE ARBORIZAÇÃO URBANA. Prefeitura de São Paulo. **Secretaria do Verde e do Meio Ambiente**. 3ª Edição revisada e atualizada, 124p. 2015. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/publicacoes_svma/index.php?p=188452> . Acesso em: 10 out. 2022.

MARQUES, T. H. N. O Potencial das Avenidas de Fundo de Vale para Receber a Infraestrutura Verde-Azul. **Revista Labverde**, v. 8, n. 2, p. 39-57, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v8i2p39-57>

MARQUES, T. H. N., et al. Soluções baseadas na natureza: conceituação, aplicabilidade e complexidade no contexto latino-americano, casos do Brasil e Peru. **Revista LabVerde**, v. 11, n. 1, p. 12-49, 2021. DOI: [10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.189419](https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.189419)

MARTINI, A. **Microclima e conforto térmico proporcionado pelas árvores de rua na cidade de Curitiba – PR**. 2013. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: < <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/30000#:~:text=Os%20resultados%20indicaram%20que%20a,variaram%20conforme%20o%20arranjo%20paisag%C3%ADstico.>>. Acesso em: 22 jun 2024.

MARUYAMA, C. M. **Pavimentos brandos para a mitigação das Ilhas de calor: o caso do Jardim da Luz e seu entorno em São Paulo/SP**. 2020. 268p. Tese (Doutorado em Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2020.

MARUYAMA, C.C.; FRUEHAUF, A.L.; LOMBARDO, M.A. Infraestrutura Verde para mitigação de Ilha de Calor e sequestro de carbono da Região Metropolitana de São Paulo. *In*: FRUEHAUF, A.L.; ROSA, A.A; MARUYAMA, C.C. COELHO, M.A. **Geodesign**

no Brasil: abordagens para o planejamento ambiental urbano.

São Carlos, SP: Pedro & João Editores, 2022.pp.41-76. Disponível

em: <[https://pedroejoaoeditores.com.br/2022/wp-](https://pedroejoaoeditores.com.br/2022/wp-content/uploads/2022/05/EBOOK_Geodesign-no-Brasil-1.pdf)

[content/uploads/2022/05/EBOOK_Geodesign-no-Brasil-1.pdf](https://pedroejoaoeditores.com.br/2022/wp-content/uploads/2022/05/EBOOK_Geodesign-no-Brasil-1.pdf)>.

Acesso em 23 jun 2024.

MASSAMBANI, O. **Construindo Cidades Sustentáveis - Síntese do C40 São Paulo Climate Summit 2011.** Prefeitura de São Paulo.C40

Cities, Climate Leadership Group. 2012. 96p. Disponível em:

<[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/c40_cidades-sustentaveis_22x26_1359741170.pdf)

[chamadas/c40_cidades-sustentaveis_22x26_1359741170.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/c40_cidades-sustentaveis_22x26_1359741170.pdf)>.

Acesso em 22 jun 2024.

MATOS, R. S. **A Reinvenção da Multifuncionalidade da Paisagem em Espaço Urbano – Reflexões.** 2010. 392p.Tese (Doutoramento

em Artes e Técnicas de Paisagem), Universidade de Évora.

Évora/Portugal. 392 p. 2010. Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/4304?locale=pt>> Acesso em: 22 jun 2024.

MCEVOY, D., FÜNFGELD, H., & BOSOMWORTH, K. Resilience

and climate change adaptation: The importance of framing. **Planning Practice and Research**, v. 28, n.3, p. 280-293, 2013.

DOI:10.1080/02697459.2013.787710

DOI:10.1080/02697459.2013.787710

MCPHEARSON, T., et.al. Urban ecosystems and biodiversity. In:

Rosenzweig, C., W. Solecki, P. Romero-Lankao, S. Mehrotra, S.

Dhakal, and S. Ali Ibrahim (eds.), **Climate Change and Cities:**

Second Assessment Report of the Urban Climate Change

Research Network. Cambridge University Press. New York. 2018.

p. 257–318.

MILLER, W. R. **Introducing Geodesign: the concept.** Esri Press,

Redlands, 2012, 35 p. Disponível em: <<https://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/introducing-Geodesign.pdf>>.

Acesso em 10

jan. 2022.

MINAKI, C.; AMORIM, M. C. da C. T. Espaços urbanos e

qualidade ambiental–um enfoque da paisagem. **Formação**, v. 1, n.

14, 2007. DOI: <https://doi.org/10.33081/formacao.v1i14.699>.

MINISTÉRIO DO TRANSPORTE. **Plano setorial de transporte e de mobilidade urbana para mitigação e adaptação à mudança do clima**. Brasília: Ministério do Transporte, 118p, 2013. Disponível em: < <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/Biblioteca/PSTM.pdf>>. Acesso em: 22 jun 2024.

MONTEIRO, L. M. **Conforto térmico em espaços urbanos abertos: verificações modelares como aportes à exploração de aberturas**. 2018. 517p. Tese (Livre-Docência), Faculdade de Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Disponível em: < https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/16/tde-26112020-184250/publico/Monteiro_2018_Tese_LD.pdf>. Acesso em: 22 jun 2024.

MOREIRA, E. B. M.; NÓBREGA, R. S. Uso de imagens multiespectrais aplicada à análise espaço-temporal dos padrões de temperatura e albedo da superfície. *In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, 2011, Curitiba. INPE. Anais*, v. 776, 2011.

MORENO, M. F.N. **Qualidade ambiental nos espaços livres de áreas verticalizadas da cidade de São Paulo**. 2001. 170p. Tese (Doutorado em Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

Disponível em: < <https://repositorio.usp.br/item/001194564>>. Acesso em: 22 jun 2024.

MORZILLO, A.T., et al. A tale of urban forest patch governance in four eastern US cities. *Urban For. Urban Green*. 75, 127693. 2022.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127693>

MOURA, A. C. M. et al. Geodesign as Co-creation of Ideas to Face Challenges in Indigenous Land in the South of Brazil: Case Study Ibirama La Klano. *In: International Conference on Computational Science and Its Applications*. Springer, Cham, 2020. p. 279-295.

Disponível em: < https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-58811-3_20> Acesso em: 22 jun 2024.

MOURA, A.C.M. O Geodesign como processo de co-criação de acordos coletivos para a paisagem territorial e urbana. *In:*

LADWIG, N. I.; CAMPOS, J. B. **Planejamento e gestão territorial: o**

papel e os instrumentos do planejamento territorial na interface entre o urbano e o rural. 2019. Pp. 16-69. Disponível em: < file:///C:/Users/Sa16_/Downloads/Planejamento%20e%20gest%C3%A3o%20territorial.pdf>. Acesso em: 23 jun 2024.

MOURA, A.C.M; MORAIS, C.F.; MELLO, T.A.G. Geodesign and Sustainable Development Goals in the environmental parameterization of the Iron Quadrangle region, Brazil: an academic experience. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. 42, n. 2, pp. 294-317, 2022. DOI:10.1108/IJBPA-11-2021-0143

MOURA, A.M.; FREITAS, C.R. Brazilian Geodesign Platform: WebGis & SDI & Geodesign as Co-creation and Geo-Collaboration. **Lecture Notes in Computer Science**. 1ed. Springer International Publishing, v. 12252, p. 332-348, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-58811-3_24

MOURA, N.C. Biorretenção como alternativa para manejo das águas urbanas e mudanças climáticas na Grande São Paulo. *In* : PELLEGRINO, P. R. M; MOURA, N. C. B. de. **Estratégias para uma infraestrutura verde**. Barueri, SP: Manoele, 2017. pp. 43-62.

MUROLO, R. P. **Estudo para árvore de grande ou médio porte em estacionamento de via**. Figura. (2022).

NELLEMAN, C.; CORCORAN, E. **Dead planet, living planet: biodiversity and ecosystem restoration for sustainable development: a rapid response assessment**. Norway: United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, 2010. 112p. Disponível em: < <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7895>>. Acesso em 23 jun 2024.

NESSHÖVER, C.; et al. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. **Science of the Total Environment**, v. 579, p. 1215-1227, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.106

NEXO. **População da Zona Leste mais populosa**. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/grafico/2024/03/21/sao-paulo-populacao-zona-leste-zona-mais-populosa>. Acesso em: 20 abril. 2024

NOBRE, C, A. **Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo: relatório final.** NOBRE, C. A. ;YOUNG, A. (Eds). São José dos Campos, SP: INPE, 2011. 186p. Disponível em: < https://www.nepo.unicamp.br/publicacoes/relatorio-final/megacidades_RMSP.pdf>. Acesso em: 23 jun 2024.

NOGUEIRA DUARTE, T. E.; et al. Arborização Urbana no Brasil: um reflexo de injustiça ambiental. **Terr@ Plural**, v. 11, n. 2, p. 291–303, 2017. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/9677>. Acesso em: 28 ago. 2024.

NSW Department of Planning and Environment. SEPP65 **Apartment Design Guide: Tools for improving the design of residential apartment development.** 2015. Disponível em: < <https://www.planning.nsw.gov.au/policy-and-legislation/housing/better-apartments>>. Acesso em: 22 jun 2024.

OKE, T. R. **Boundary layer climates.** 2a Ed. Routledge, London. 1987. 68p. Disponível em: < <https://api.taylorfrancis.com/content/books/mono/download?identifierName=doi&identifierValue=10.4324/9780203407219&type=googlepdf>>. Acesso em: 23 jun 2024.

OKE, T. R. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment**, v. 7, p. 769-779, 1973. DOI: [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6)

OKE, T. R. The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects. **Wind Climate in Cities.** p. 81-107, 1995. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/281364715_The_Heat_Island_of_the_Urban_Boundary_Layer_Characteristics_Causes_and_Effects>. Acesso em: 22 jun 2024.

OKE, T. R. The urban energy balance. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, v. 12, n. 4, p. 471-508, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1177/030913338801200401>

OKE, T.R. et al. Urban Climates. **Cambridge University Press.**2017. 546p. DOI: 10.1017/9781139016476.

OKE, T.R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites.** IOM Rep. 81,

WMO/TD. n.1250, 2004. 47 pp. Disponível em: < https://library.wmo.int/viewer/35333?medianame=wmo-td_1250_#page=1&viewer=picture&o=bookmark&n=0&q=>. Acesso em: 23 jun. 2024.

OLIVA, G.T. **The role of urban forest and climate change**. 2024. 72p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2024. Disponível em: < <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-05022024-152841/pt-br.php>>. Acesso em: 6 maio. 2024.

OLIVEIRA, et.al. Análise sazonal da relação entre sequestro de carbono e ilhas de calor urbanas nas metrópoles de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n.4, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv69n4-44336>

OLIVEIRA, P.do P. **Estudo da paisagem para subsídio ao planejamento ambiental e conservação de fragmentos florestais nos Distritos do Parque do Carmo, José Bonifácio e Cidade Tiradentes, município de São Paulo (SP)**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012. Disponível em: < <https://repositorio.usp.br/item/002334799>>. Acesso em: 22 jun 2024.

ONU HÁBITAT. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos & CAF (Banco de Desarrollo de América Latina). 2014. **Construcción de ciudades más equitativas: políticas públicas para la inclusión en América Latina**. Nairobi: ONU Hábitat. Disponível em: http://publicaciones.caf.com/media/39869/construccion_de_ciudades_mas_equitativas_web0804.pdf Acesso: 2 set. 2023.

PANCHER; A. M.; AGUIAR, T. O.; COSTA, M. O potencial didático do Geodesign para a análise da Região Metropolitana de Campinas/SP: uma experiência com a pós-graduação em Geografia. *In*: FRUEHAUF, A.L.; ROSA, A.A; MARUYAMA, C.C. COELHO, M.A. **Geodesign no Brasil: abordagens para o planejamento ambiental urbano**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2022. pp. 77-100. Disponível em: <<https://pedrojoaoedit>

ores.com.br/2022/wp-content/uploads/2022/05/
EBOOK_Geodesign-no-Brasil-1.pdf>. Acesso em: 23 jun 2024.

PAULA, I.F.M.; FERREIRA, C.C.M. Análise dos espaços de uso público da cidade de Juiz de Fora (MG) com base no conceito de áreas verdes. **Caminhos de Geografia**, v.15, n. 49, p. 160-174. 2014. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG154924587>

PAULEIT, S., VASQUÉZ, A., MARUTHAVEERAN, S., LIU, L., CILLIERS, S.S. Urban Green Infrastructure in the Global South. In: Shackleton, C.M., Cilliers, S.S., Davoren, E., du Toit, M.J. (eds) **Urban Ecology in the Global South**. Cities and Nature. Springer, Cham. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-67650-6_5

PBMC/BPBES, 2018. **Potência Ambiental da Biodiversidade: um caminho inovador para o Brasil**. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas e da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. Sumário para Tomadores de Decisão. 1ª edição [Scarano, F.R., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 2018.14p.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and earth system sciences**, v. 11, n. 5, p.1633-1644, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>

PELLEGRINO, P. R. M. Pode-se mudar a paisagem? **Paisagem e Ambiente: ensaios**, n. 13, p. 158-180, 2000. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i13p159-179>

PELLEGRINO, P. R. M.; CASTAÑER, C. M. Oficina de projeto do LABVERDE para implantação de infraestrutura verde no campus USP - Cidade Universitária. **Revista LabVerde**, n. 9, p. 165-171, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i9p165-171>

PELLEGRINO, P.R. M. Paisagem como infraestrutura ecológica: a floresta urbana. *In*: PELLEGRINO, P. R. M.; MOURA, N. C. B. de. **Estratégias para uma infraestrutura verde**. Barueri, SP: Manoele. 2017. pp. 63-77.

PELLEGRINO, P.R. M. Paisagem como infraestrutura hídrica. *In*: PELLEGRINO, P. R. M.; MOURA, N. C. B. de. **Estratégias para uma infraestrutura verde**. Barueri, SP: Manoele. 2017. pp. 25-41.

PELLEGRINO, P.R.M; et al. Paisagem da borda: uma estratégia para a condução das águas, da biodiversidade e das pessoas. *In*: COSTA, L.M.S.A. (Org.). **Rios e paisagem urbana em cidades brasileiras**. Rio de Janeiro: Viana & Mosley, PROURB, p. 57-76, 2006.

PEREIRA, L. F.; GUIMARÃES, R. M. F.; OLIVEIRA, R. R. M. Integrando geotecnologias simples e gratuitas para avaliar usos/coberturas da terra: QGIS e Google Earth Pro. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 3, p. 250-264, 2018. DOI: 10.24221/jeap.3.3.2018.1839.250-264

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. Arborização urbana: boletim acadêmico. Jaboticabal: Unesp, 2002

POLIZEL, J.L. **Geotecnologias e Clima Urbano: Aplicação dos Recursos de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas na cidade de Piracicaba**. SP. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <10.11606/T.8.2009.tde-05022010-101157>. Acesso em: 3 set. 2018.

PLANET TEAM. Planet Application Program Interface: **In Space for Life on Earth**. San Francisco, CA. 2018. Disponível em: <https://www.planet.com/>. Acesso em: 23 jun 2024.

POLIZEL, J.L. **Geotecnologias e Clima Urbano: Aplicação dos Recursos de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas na cidade de Piracicaba**. SP. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <10.11606/T.8.2009.tde-05022010-101157>. Acesso em: 13 ago. 2020.

PORANGABA, G. F.O.; AMORIM, M.C.D.C.T. Geotecnologias aplicadas à análise de ilhas de calor de superfície em cidades do interior do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia**

Física, v. 12, n. 6, p. 2041-2050, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.6.p2041-2050>

PRADELLA, D. Z. A.; SILVA, J. W. F.; NISI, T. C. C. **Cadernos de Educação Ambiental: Arborização Urbana**. 21. ed. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente, 2015. 205 f.

PRATA, A. R. **Impacto da altura de edifícios nas condições de ventilação natural do meio urbano**. 2005. 271p. Tese (Doutorado em Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-2001-2010-113103/publico/TESE_FINAL.pdf>. Acesso em: 22 jun 2024.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **PLANCLIMA SP**. Secretaria Executiva de Mudanças Climáticas – SGM/SECLIMA. 2021.

Disponível em:

<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/governo/secretaria_executiva_de_mudancas_climaticas/acesso_a_informacao/acoes_e_programas/planclimasp/index.php?p=315991>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Catálogo de Intervenções Urbanas Território - CEU**. Disponível em: https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2015/04/TER-CEU_CATALOGO_r1.pdf. Acesso em: 24 jul 2022.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo**. Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014. Disponível em: <<https://planodiretorsp.prefeitura.sp.gov.br/o-que-e-o-plano-diretor/>>. Acesso em: 15 jan. 2023.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo**. Lei nº 17.975, de 8 de julho de 2023.

Disponível em: <<https://planodiretorsp.prefeitura.sp.gov.br/o-que-e-o-plano-diretor/>>. Acesso em: 15 jan. 2023.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Plano Municipal de Arborização Urbana da Cidade de São Paulo – PMAU**. 2019. 528p. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_

ambiente/projetos_e_programas/index.php?p=284680#:~:text=O%20PMAU%20%C3%A9%20um%20instrumento,ecologia%20e%20das%20cidades%20inteligentes>. Acesso: 10 jan. 2024.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Plano Municipal de Arborização Urbana**. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente. 2021.

Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/projetos_e_programas/index.php?p=284680>

Acesso em: 12 out. 2022.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Secretaria Executiva de Mudanças Climáticas (SECLIMA). **Cartilha ESG**. 2022. Disponível em:

<https://www.secovi.com.br/noticias/prefeitura-de-sao-paulo-lanca-matriz-e-cartilha-esg/15861>. Acesso em: 01 dez 2022.

QUAN, S. J. et al. Urban Data and Building Energy Modeling: a GIS-based urban building energy modeling system using the Urban-EPC Engine. *In*: GEERTMAN, S. et al. (Eds). **Planning Support Systems and Smart Cities**. 2015. p. 447-469.

QUEIROGA, E. F. Sistemas de espaços livres e esfera pública em metrópoles brasileiras. **Resgate: Revista Interdisciplinar de Cultura**, v. 19, n. 1, p. 25-35, 2011. DOI:

10.20396/resgate.v19i21.8645703

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, versão 0.02, 2010.

RAIMUNDO, S.; SARTI, A. C. Parques urbanos e seu papel no ambiente, no turismo e no lazer da cidade. **RITUR - Revista Iberoamericana de Turismo**, v. 6, n. 2, p. 3-24, 2016. Disponível em: <<https://www.seer.ufal.br/index.php/ritur/article/view/2791>>. Acesso em: 22 jun 2024.

RAYMOND, C.M., et al. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. **Environmental Science and Policy**, v. 77, p. 15-24, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008>

REIBEL M. Geographic Information Systems and Spatial Data Processing in Demography: a Review. **Population Research and**

Policy Review, v. 26, n. 5-6, p. 601-618, 2007. DOI:
<https://doi.org/10.1007/s11113-007-9046-5>

REIS, E. C. G. dos. **Desafios às políticas públicas: análise das relações entre desigualdades socioespaciais e a mobilidade urbana em São Paulo**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://sapientia.pucsp.br/handle/handle/26522>>. Acesso em: 23 jun 2024.

RODRIGUES, P. N. **Aprendendo com a natureza: uma revisão sistemática sobre Nature-Based Solutions (NBS)**. 2020. 42p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel Administração Pública), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/40017>> . Acesso em: 10 ago. 2020.

ROMERO, H.; PAIVA, J. C.; OPAZO, D. Geografia física crítica, topoclimatologia andina e o extrativismo mineiro no Salar de Atacama. **Revista Brasileira de Climatologia**, Edição Especial– XIII Simpósio 106 Brasileiro de Climatologia Geográfica-2018, p.1–21, 2019. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14135>>. Acesso em: 22 jun 2024.

ROSENZWEIG, C., et. al. Cities lead the way in climate-change action. **Nature**, v. 467, 909-911. 2010. DOI:
<https://doi.org/10.1038/467909a>

ROSSETTI, A. I. N.; PELLEGRINO, P. R. M.; TAVARES, Armando Reis. As árvores e suas interfaces no ambiente urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 1, p. 1-24, 2010.

ROTH, M. Urban heat islands. **Handbook of environmental fluid dynamics**. Volume two: systems, pollution, modeling, and measurements. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 143-160, 2013.

ROTHER, M. S. **A mobilidade por bicicletas em Piracicaba - SP: aspectos culturais, ambientais e urbanísticos**. 2016. 144p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. doi:10.11606/T.91.2016.tde-28092016-165613. Acesso em: 10 jun. 2023.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973. Proceedings...* Whashington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.

RUBIM, B.; LEITÃO, S. O plano de mobilidade urbana e o futuro das cidades. **Estudos avançados**, v. 27, n. 79, p. 55-66, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000300005>

RYAN, R.L. The social landscape of planning: Integrating social and perceptual research with spatial planning information. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 4, p. 361-363, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.01.015>

SAILOR, D. J. A review of methods for estimating anthropogenic heat and moisture emissions in the urban environment. **International Journal of Climatology**, v. 31, n. 2, p. 189-199, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.2106>.

SALBITANO, F. et al. **Directrices para la silvicultura urbana y periurbana**. Estudio FAO: Montes. nº 178, Roma, FAO, 2017. 191p. Disponível em: < <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/56a86ed2-f6ab-4ee2-867e-04adee619d40/content>>. Acesso em: 23 jun 2024.

SANCHES, P. M.; PELLEGRINO, P. R. M. Greening potential of derelict and vacant lands in urban areas. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 19, n. 1, p. 128-139, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.07.002>

SANT'ANNA, C. G. **A infraestrutura verde e sua contribuição para o desenho da paisagem da cidade**. 2020. 303p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: < [file:///C:/Users/Sa16_/Downloads/2020_CamilaGomesSant'Anna%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Sa16_/Downloads/2020_CamilaGomesSant'Anna%20(1).pdf)>. Acesso em: 22 jun 2024.

SANTORO et al. **Substitutivo do Plano Diretor de São Paulo propõe verticalização generalizada. Veja como seu bairro será afetado**. São Paulo: Labcidade, 2023. Disponível em: <https://www.labcidade.fau.usp.br/entenda-a-proposta-de->

verticalizacao-generalizada-do-substitutivo-do-plano-diretor-de-sao-paulo/. Acesso em: 20 set. 2023.

SANTOS, A. et al. **Manual técnico de arborização**

urbana. Prefeitura de São Paulo. 2015. 124p. Disponível em:

<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/MARBOURB.pdf>. Acesso em: 22 jun 2024.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos. São Paulo, SP. 2004. 184 p.

SARTI, A. C. **Floresta urbana: propostas de gestão e subsídios para políticas públicas em Rio Claro SP**. 2009. 178p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2009.

Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/104386>> . Acesso em: 3 jun. 2022.

SARTI, A.C.; LOMBARDO. M. A. Riscos ambientais nas cidades e florestas urbana. **Territorium**. n. 17, p. 211-22, 2010.

DOI:https://doi.org/10.14195/1647-7723_17_22

SAULLE R, LA TORRE G. Good quality and available urban greenspaces as good quality, health and wellness for human life.

Journal of Public Health 2012; 34: 161 2. DOI:

10.1093/pubmed/fdr090

SCARANO, F. R. Ecosystem-based adaptation to climate change: concept, scalability and a role for conservation science.

Perspectives in Ecology and Conservation, v. 15, n. 2, p. 65-73,

2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.05.003>

SCHOETTER, R. et al. A statistical–dynamical downscaling for the urban heat island and building energy consumption— Analysis of its uncertainties.

Journal of Applied Meteorology and

Climatology, v. 59, n. 5, p. 859-883, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-19-0182.1>

10.1175/JAMC-D-19-0182.1

SCHUTZER, J. G. Infraestrutura Verde no Contexto da

Infraestrutura Ambiental Urbana e da Gestão do Meio Ambiente.

Revista LABVERDE, n. 8, p. 12-30, 2014. DOI:

<https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i8p12-30>

SEADE. **Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados.**

Disponível em: <<https://censo2022.seade.gov.br/>>. Acesso em: 22 jun 2024.

SEDDON, N., et al. Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges.

Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 375, n. 1794, 2020. DOI: [https://](https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120)

doi.org/10.1098/rstb.2019.0120

SERRATO, F.B. et al. Radiación y temperatura em el período 1990-1999 em el campo experimental de “Elardal” Murcia: studio preliminar. **Papeles de Geografía**, n. 35, p. 17-25, 2002. Disponível em: <<https://revistas.um.es/geografia/article/view/46911>>. Acesso em 22 jun 2024.

SHIMABUKURO, Y. E.; MAEDA, E. E.; FORMAGGIO, A. R.

Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo dos recursos agrônômicos e florestais. **Ceres**, v. 56, n. 4, 2015. Disponível em: <<https://ojs.ceres.ufv.br/ceres/article/view/3443>>. Acesso em 22 jun 2024.

SIEBERT, C. Resiliência urbana: planejando as cidades para conviver com fenômenos climáticos extremos. In: VI Encontro Nacional da Anppas. Anais. Belém, UFPA, 2012.

SILVA FILHO, D. F. da; TOSETTI, L. L. Valoração das árvores no Parque do Ibirapuera - SP: Importância da infraestrutura verde urbana. **Revista LABVERDE**, n. 1, 2010. DOI:

<https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p11-25>

SILVA LOPES, H. et al. Análise do ambiente térmico urbano e áreas potencialmente expostas ao calor extremo no município do Porto (Portugal). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, v. 31, n. 2, p. 281-302, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n2.91309>

SILVA, A.G. et al. **Arborização urbana: considerações sobre planejamento, implantação, manejo e gestão.** SOUZA, M. M.

(Coord.). Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais

(CEMIG), 2022. 394p. Disponível em: < <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2023/09/arborizacao-urbana-2022.pdf>>.

Acesso em: 23 jun 2024.

SILVA, M. R. et al. Monitoramento de estiagens com imagens MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 21-26 abril 2007, p. 6229-6236.

SIQUEIRA-GAY, J.; DIBO, A. P. A.; GIANNOTTI, M. A.

Vulnerabilidade as ilhas de calor no município de São Paulo: uma abordagem para a implantação de medidas mitigadoras na gestão urbana. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n.2, p. 105-123, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5585/geas.v6i2.902>

SIRKIS, A. O desafio ecológico das cidades. In: MENDES, A. T.

Meio ambiente no século XXI. Campinas: Armazém do Ipê, 2008, p. 215-229.

SIRVINSKAS, L. P. Arborização urbana e meio ambiente– Aspectos jurídicos. **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos**,

v. 1, n. 1, p. 263-276, 2000. Disponível em: < <http://bdjur.stj.jus.br/dspace/handle/2011/19777>>. Acesso em: 22 jun 2024.

SLOTTERBACK, C. S., et al. Collaborative Geodesign to advance multifunctional landscapes. **Landscape and Urban Planning**, v. 156, p. 71-80, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.05.011>

SÖRENSEN, J.; EMILSSON, T. Evaluating flood risk reduction by urban blue-green infrastructure using insurance data. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 145, n. 2, p.

04018099, 2019. DOI: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29WR.1943-5452.0001037>

SPAWN, S.A.; GIBBS, H. K. Global Aboveground and

Belowground Biomass Carbon Density Maps for the Year 2010.

ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA. 2020. DOI:

<https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1763>

STEINITZ, C. Negotiation is pervasive. Palestra pública apresentada no “**Geodesign South America 2017**”, Belo Horizonte, UFMG. 2017.

STEINITZ, C. **A framework for Geodesign – changinggeography by design**. Redlands: Esri Press, 2012. 224p.

STEWART, I. D., et. Al. Time evolution of the surface urban heat island. **Earth's Future**, v. 9, n. 10, p. 1-33, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1029/2021EF002178>

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n.12, pp.1879-1900. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

TERÁN, J. Á. **Mobilidade urbana**. Companhia de Engenharia de Tráfego – CET, p. 1-9, 2015. Disponível em: < http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/10/07/A43BE49C-2C57-4041-A76B-512970CB24FC.pdf>. Acesso em: 23 jun 2024.

TERUYA, M. D. **A ampliação da oferta de infraestrutura verde como fator de aumento da resiliência às mudanças climáticas do município de São Paulo**. 2023. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

TESTA, J. E. A. et al. Modelagem da temperatura da superfície urbana em função da cobertura vegetal e da população de municípios paulistas. **Desenvolvimento Rural e Sustentabilidade: energia, produção e novos mercados**. Editora Científica Digital. 2022. 25p. Disponível em: < https://www.creasp.org.br/arquivos/revista/revista6_artigo3_-_modelagem_da_temperatura_da_superficie.pdf>. Acesso em: 23 jun 2024.

TOPARLAR, Y. et al. CFD Simulation and Validation of Urban Microclimate: a case study for Bergpolder Zuid, Rotterdam. **Building and Environment**, v. 83, p. 79-90, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.08.004>

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturalezay de los Recursos Naturales. **Estándar Global de la UICN para**

soluciones basadas en la naturaliza. Un marco sencillo para la verificación, diseño y ampliación del uso de las SbN. 1a Ed..

Gland, Suiza: UICN, 2020. 30p. Disponível: <<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-Es.pdf>> .

Acesso: 4 fev. 2023.

UNITED STATES CENSUS. **United States Census, 2020.**

Disponível em: <<https://www.census.gov/topics.html>> . Acesso em 8 fev. 2024.

UOL -TEMPOAGORA. **São Paulo registra segunda maior**

temperatura desde 1943. Tempoagora by Climatempo, 14/11/2023.

Disponível em: < <https://tempoagora.uol.com.br/noticia/>

2023/11/14/sao-paulo-registra-segunda-maior-temperatura-desde-1943-2895>. Acesso em 20 nov. 2023.

VAN OIJSTAEIJEN, W.; VAN PASSEL, S.; COOLS, J. Urban green infrastructure: A review on valuation toolkits from an urban planning perspective. **Journal of Environmental Management**, v.

267, p. 110603, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenv>

man.2020.110603

VELASCO, G. D. N. **Potencial da arborização viária na redução do consumo de energia elétrica:** definição de três áreas na cidade de São

Paulo - SP, aplicação de questionários, levantamento de fatores ambientais e estimativa de Graus-Hora de calor. 2007. 123p. Tese

(Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de

Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007. Disponível em:

< <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-03032008-165228/publico/giulianadelnero.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2023.

VILLAÇA, F. **As ilusões do plano diretor.** 48p. Disponível em:

<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4434363/mod_resource/content/1/2.2%20As%20Ilus%C3%B5es%20do%20Plano%20Diretor%20-%20FI%C3%A1vio%20Villa%C3%A7a.pdf> . Acesso em: 23 jun 2024.

VILLAÇA, F. São Paulo: segregação urbana e desigualdade.

Estudos avançados, v. 25, n. 71, p. 37-58, 2011. Disponível em: <

<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10597>>. Acesso em: 22 jun 2024.

VISVANATHAN, G. et al. Mitigating urban heat island and enhancing indoor thermal comfort using terrace garden.

Scientific Reports, v. 14, n. 1, p. 9697, 2024. DOI:

<https://doi.org/10.1038/s41598-024-60546-0>

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, n. 3, p. 370-384, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)

WAN, Y. et al. An empirical assessment of whether urban green ecological networks have the capacity to store higher levels of carbon. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 3132, 2024. DOI:

<https://doi.org/10.1038/s41598-024-52650-y>

WORLD URBAN AREAS. **Demographia World Urban Areas**

Population Projections. 2010. Disponível em: <<http://www.demographia.com/db-wuaproject.pdf>> . Acesso em: 2 nov. 2023.

YANG, S. L. et al. Urban microclimate and its impact on built environment – a review, **Build. Environ**, v. 238, 110334, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110334>

ZANZARINI, F. V. et al. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n. 6, p. 608-614, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000600006>

ZHOU, D. et al. Satellite remote sensing of surface urban heat islands: Progress, challenges, and perspectives. **Remote Sensing**, v. 11, n. 1, p. 48, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11010048>

ZIAEEMEHR, B., et al. Increasing solar reflectivity of building envelope materials to mitigate urban heat islands: State-of-the-art review. **Buildings**, v. 13, n. 11, p. 1-26, 2868. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13112868>

APÊNDICES

APÊNDICE A. Uso da terra florestal e rural e seus albedos

SUPERFÍCIES DO USO DA TERRA FLORESTAL E RURAL	ALBEDO	EMISSIVIDADE
1.Solos		
– escuro, úmido	0,05	0,90
– claro, seco	0,04	0,90
2.Desertos	0,20 – 0,25	0,84 – 0,91
3.Grama		
– alta (1 m)	0,16	0,90
– baixa (0,02 m)	0,26	0,95
4.Cultivos, Tundra	0,18 – 0,25	0,90 – 0,99
5.Pomares	0,15 – 0,20	
6.Florestas Decíduas- solo nú	0,15	0,97
– Abandonadas	0,20	0,98
7.Coníferas	0,05 – 0,15	0,97 – 0,99
8.Água – pequeno ângulo zênite	0,03 – 0,10	0,92 – 0,97
– grande ângulo zênite	0,10 – 1,00	0,92 – 0,97

Fonte: Oke (1987) adaptado pela autora, 2023.

APÊNDICE B. Uso da terra urbano e seus albedos

SUPERFÍCIES DO USO DA TERRA URBANO	ALBEDO	EMISSIVIDADE
1.Ruas com asfalto	0,05 – 0,25	0,95
2.Paredes – concreto	0,10 – 0,35	0,71 – 0,90
– tijolos	0,20 – 0,40	0,90 – 0,92
– pedras	0,20 – 0,35	0,85 – 0,95
– madeiras	0,20 – 0,35	0,90
3.Telhado – piche e cascalho	0,08 – 0,18	0,92
– telhas	0,10 – 0,35	0,90
– ardósia	0,10	0,90
– sapé, folhagem	0,15 – 0,20	0,90
– chapa ondulada	0,10 – 0,16	0,13 – 0,28
4.Janelas – vidro claro zenit (ângulo menor 40°)	0,80	0,87 – 0,94
– vidro claro zenit (ângulo de 40° a 80°)	0,09 – 0,52	0,87 – 0,92
5.Pinturas – brancas, caiadas	0,50 – 0,90	0,85 – 0,95
– vermelha, marrom, verde	0,20 – 0,35	0,85 – 0,95
– preta	0,02 – 0,15	0,90 – 0,98
6.Áreas urbanas – variações	0,10 – 0,27	0,85 – 0,96
Médias	0,15	0,95

Fonte: Oke (1987) adaptado pela autora, 2023.

APÊNDICE C. Dados de NDVI e TST do período seco de 2020

NDVI	TST °C
0,5	10,03
0,32	14,07
0,15	18,1
-0,03	22,15
-0,2	26,18

Fonte: A autora, 2022.

APÊNDICE D. Dados de NDVI e TST do período úmido de 2020

NDVI	TST °C
0,6	5,10
0,38	11,64
0,15	18,24
-0,07	24,85
-0,29	31,45

Fonte: A autora, 2022

APÊNDICE E. Dados de NDVI e TST do período seco de 2022

NDVI	TST °C
0,49	11,58
0,30	15,07
0,12	18,54
-0,07	22,03
-0,25	25,51

Fonte: A autora, 2023.

APÊNDICE F. Dados de NDVI e TST do período úmido de 2022.

NDVI	TST °C
0,99	12,78
0,57	16,75
0,14	20,72
-0,29	24,68
-0,72	28,65

Fonte: A autora, 2023.

APÊNDICE G. Dados de NDVI e TST do período seco de 2023

NDVI	TST °C
0,99	16,36
0,50	18,79
0,01	21,22
-0,50	23,65
-0,99	26,08

Fonte: A autora, 2023

APÊNDICE H. Dados de NDVI e TST do período úmido de 2023

NDVI	TST °C
0,99	8,7
0,55	13,63
0,12	18,57
-0,32	23,51
-0,76	28,45

Fonte: A autora, 2023.

APÊNDICE I. Dados de NDVI e TST do período seco da ZC de 2022

NDVI	TST °C
0,68	16,02
0,34	18,49
0,01	20,96
-0,32	23,43
-0,66	25,89

Fonte: A autora, 2023.

APÊNDICE J. Dados de NDVI e TST do período úmido da ZC de 2022

NDVI	TST °C
0,58	19,27
0,38	21,58
0,18	23,89
-0,01	26,21
-0,21	28,52

Fonte: A autora, 2023.

APÊNDICE K. Dados de NDVI e TST do período seco da ZL de 2022

NDVI	TST °C
0,44	15,09
0,28	17,26
0,13	20,14

NDVI	TST °C
-0,02	22,66
-0,18	25,18

Fonte: A autora, 2023.

APÊNDICE L. Dados de NDVI e TST do período úmido da ZL de 2022

NDVI	TST °C
0,54	17,37
0,37	19,98
0,21	22,59
0,05	25,20
-0,12	27,40

Fonte: A autora, 2023.

APÊNDICE M. Dados de NDVI e TST do período seco da ZC de 2023

NDVI	TST °C
0,87	18,01
0,57	20,56
0,27	23,10
-0,03	25,35
-0,33	28,19

Fonte: A autora, 2023.

APÊNDICE N. Dados de NDVI e TST do período úmido da ZC de 2023

NDVI	TST °C
0,86	21,01
0,62	23,21
0,37	25,41
0,13	27,61
-0,12	29,81

Fonte: A autora, 2023.

APÊNDICE O. Dados de NDVI e TST do período seco da ZL do município de São Paulo de 2023

NDVI	TST °C
0,92	16,99
0,57	19,13
0,23	21,27
-0,12	23,40
-0,47	25,54

Fonte: A autora, 2023.

APÊNDICE P. Dados de NDVI e TST do período úmido da ZL de 2023

NDVI	TST °C
0,90	18,89
0,60	21,08
0,30	23,27
0,01	25,45
-0,30	27,65

Fonte: A autora, 2023

APÊNDICE Q. Quantificação das árvores no sistema viário dos distritos da ZC do município de São Paulo no ano de 2013

Distritos da ZC	Número de árvores	Porcentagem
AGUA RASA	1	0,00
ALTO DE PINHEIROS	4	0,02
ANHANGUERA	1	0,00
ARICANDUVA	12	0,05
ARTUR ALVIM	3	0,01
BELA VISTA	2.433	10,78
BOM RETIRO	3.219	14,26
BRAS	2	0,01
BRASILANDIA	3	0,01
BUTANTA	15	0,07
CACHOEIRINHA	1	0,00
CAMBUCI	2.711	12,01
CAMPO LIMPO	5	0,02
CANGAIBA	2	0,01
CAPAO REDONDO	4	0,02
CARRAO	1	0,00
CIDADE DUTRA	1	0,00
CONSOLACAO	4.894	21,68
ERMELINO MATARAZZO	1	0,00
GRAJAU	2	0,01
GUAIANASES	1	0,00
IPIRANGA	1	0,00
ITAQUERA	1	0,00
LIBERDADE	2.995	13,27
MORUMBI	3	0,01
PEDREIRA	2	0,01
PONTE RASA	1	0,00
RAPOSO TAVARES	3	0,01
REPUBLICA	1.782	7,89
SANTA CECILIA	3.946	17,48
SE	518	2,29
VILA ANDRADE	1	0,00
VILA FORMOSA	1	0,00
VILA MARIANA	1	0,00
VILA SONIA	2	0,01
TOTAL	22.573	100

Fonte: Geosampa adaptado pela Autora, 2023.

APÊNDICE R. Quantificação das árvores no sistema viário dos distritos da ZL do município de São Paulo no ano de 2013

DISTRITOS DA ZL	NÚMERO DE ÁRVORES	PORCENTAGEM
VILA PRUDENTE	7.725	4,35
VILA MATILDE	7.232	4,07
VILA JACUI	6.507	3,66
VILA FORMOSA	5.275	2,97
VILA CURUCA	4.233	2,38
TATUAPE	5.417	3,05
SAPOEMBA	8.256	4,65
SAO RAFAEL	6.443	3,63
SAO MIGUEL	3.704	2,09
SAO MATEUS	12.014	6,77
SAO LUCAS	6.094	3,43
PONTE RASA	5.740	3,23
PENHA	6.510	3,67
PARQUE DO CARMO	4.395	2,48
PARI	2.127	1,20
MOOCA	4.638	2,61
LAJEADO	4.489	2,53
JOSE BONIFACIO	3.535	1,99
JARDIM HELENA	4.699	2,65
ITAQUERA	9.567	5,39
ITAIM PAULISTA	5.551	3,13
IGUATEMI	4.910	2,77
GUAIANASES	3.383	1,91
ERMELINO MATARAZZO	6.047	3,41
CIDADE TIRADENTES	3.520	1,98
CIDADE LIDER	8.029	4,52
CARRAO	4.257	2,40
CANGAIBA	6.379	3,59
BRAS	1.283	0,72
BELEM	2.625	1,48

DISTRITOS DA ZL	NÚMERO DE ÁRVORES	PORCENTAGEM
ARTUR ALVIM	4.190	2,36
ARICANDUVA	4.700	2,65
AGUA RASA	4.081	2,30
TOTAL	177.555	100,00

Fonte: Geosampa adaptado pela Autora, 2023

APÊNDICE S. Quadro Geodesign 1º dia

EIXOS/DIAS	AMBIENTAL (A)	MOBILIDADE (B)	CLIMA (C)
Dia 1 – Enri- quecimento de Leitura	<p>ZN perto do Parque da Cantareira: ampliar a vegetação nativa, com a descrição: nesta área remanescente da Mata Atlântica por meio-médio concessão de exploração de fazendas de carbono, embutir no mercado de carbono em tramitação no congresso nacional; Revegetação das encostas de alta declividade, com a descrição: proteção das encostas contra erosão com incremento de arbóreas nativas; Trampolins ecológicos e Potenciais trampolins ecológicos,</p>	<p>ZN, perto da Cantareira: notou-se que há ocorrência de Acidente de Trânsito, com a descrição: ocorrência de acidentes de trânsito decorrente, precisava melhorar a fiscalização e sinalização, priorizar pedestres. Na região central, destacou-se, difícil mobilidade urbana com a descrição: extremamente difícil a mobilidade, circulação em geral: pedestre, transportes, com muito trânsito.</p>	<p>Ponto central na Subprefeitura da Sé: cânions urbanos, sendo assim, a ZC conta com maiores alturas e a temperatura de superfície é mais baixa que em zonas de menores alturas (maiores alturas: mais sombra, maior rugosidade - ventilação). Em seguida, com divisa com a Sé, observou-se na Subprefeitura da Lapa, no bairro da Barra Funda, pensar no documento Plan Clima, a fim de ver informações do Plan Clima para subsidiar as propostas. Em seguida, notou-se em Rio Pinheiros, considerar o potencial do rio Pinheiros e suas margens para melhoria das condições climáticas.</p>

EIXOS/DIAS	AMBIENTAL (A)	MOBILIDADE (B)	CLIMA (C)
	<p>Descrição: Áreas de conflito: urbanização e vegetação e exploração por meio de instrumentos econômico-sustentáveis, a exemplo do mercado de carbono, também sobre Retrofit das margens canalizadas dos córregos, Descreveu-se Canalização massiva das margens dos córregos paulistanos.</p>	<p>ZL: a primeira anotação, foi na região da Vila Alpina, ma Subprefeitura da Vila Prudente, próximo à Avenida do Oratório, sobra Ciclovias e Arborização, a fim de tentar incrementar arborização viária nas áreas de ciclovia para conforto térmico (sombreamento). Na região de Itaquera, destacou-se a questão bicicletários versus densidade populacional, com a descrição área com alta densidade e escassez de bicicletario. Ausência nos bairros. Ver ciclovias, ciclorrotas. Na Subprefeitura da Cidade Tiradentes, apontou-se sobre acessibilidade e densidade populacional, com a descrição Área com densidade média-alta e acessibilidade média-baixa acessibilidade/capilaridade.</p>	<p>Na Subprefeitura Vila Maria na ZN, indo de encontro a ZL: houve a anotação de alto índice da ICU, descreveu-se uma das maiores manchas de alta temperatura, com pouca vegetação. No Parque Ecológico do Tietê, situado na Penha, anotaram Parque Ecológico, área verde com potencial para mitigar os efeitos das mudanças climáticas (zona com temperatura de superfície mais amena), na mesma subprefeitura ressaltou-se altas temperaturas de superfície na ZL, com a descrição grandes áreas impermeabilizadas, com pouca arborização e poucos parques, alta densidade populacional - possibilidades p/ verticalizar?</p>

EIXOS/DIAS	AMBIENTAL (A)	MOBILIDADE (B)	CLIMA (C)
	<p>Na marginal Tietê: destacou-se, potencial corredor ambiental associada a trechos de wetland, com a descrição: alças de acesso e ao longo da Marginal Tietê. Em direção ao centro, perto da Avenida Prestes Maia, a anotação foi: Recuperação de área de solo exposto, com a descrição: Manutenção de serapilheira associada a arborização, Intensificação das áreas verdes e manejo das áreas verdes sem retirada da serapilheira. Também nesta região, perto da Avenida Senador Queirós, precisamente na rua Carlos</p>		<p>No Parque do Carmo na ZL, notou-se presença de áreas verdes, onde há mais vegetação as temperaturas são mais amenas. Entretanto na Subprefeitura São Mateus, também na ZL, observou-se, seria válido uma Reforma Urbana, visto que as questões habitacionais e as ilhas de calor - Como podemos intervir para mitigar essas questões, considerando as questões sociais?</p>

EIXOS/DIAS	AMBIENTAL (A)	MOBILIDADE (B)	CLIMA (C)
	<p>de Sousa Nazaré, notou-se que deveria haver: Intensificação de vegetação entre áreas com NDVI negativo ou próximo a 0, descrição: arborização ao longo do sistema viário, Canteiros, Tetos verdes e Nucleação de vegetação intralotes.</p>		
	<p>Na marginal Pinheiros, foi anotado sobre Rio Pinheiros: margens com a descrição, as margens do rio Pinheiros estão sendo substituídas por gabião reto que prejudica as espécies da fauna. Não foi considerada a recuperação de vegetação ripária. Na cidade universitária, USP, localizada na</p>		<p>Enfim, na RMSP como Osasco com divisa em São Paulo atentou-se para pensar no efeito de borda com a descrição: ver informações da Região Metropolitana para entender melhor o efeito de borda.</p>

EIXOS/DIAS	AMBIENTAL (A)	MOBILIDADE (B)	CLIMA (C)
	<p>Subprefeitura do Butantã penando nos demais distritos em volta, observaram, que poderia haver a Expansão do dossel arbóreo, com a descrição Presença de árvores na USP, cidade universitária que deveria ser ampliado esse dossel arbóreo para os outros distritos da ZO.</p> <p>ZL, direcionando para o Parque do Carmo: Descreveu-se, Unidade de Conservação da ZL, uma mancha isolada de verde na ZL de São Paulo, onde há melhora do clima urbano na área, porem</p>		

EIXOS/DIAS	AMBIENTAL (A)	MOBILIDADE (B)	CLIMA (C)
	<p data-bbox="358 248 522 531">precisava de uma conexão de arborização urbana no resto da zona, combatendo a Ilha de Calor.</p> <p data-bbox="358 539 522 1152">Estendendo para a RMSP, olhou-se para a região perto de Osasco, destacando-se as Áreas Agrícolas, com a descrição, criar uma fazenda de carbono, para se inserir do mercado de carbono em tramitação no congresso nacional.</p>		

Fonte: Autora, 2023

APÊNDICE T. Quadro Geodesign 2º dia

2º DIA: PROPOSTA DOS GRUPOS	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	<p>Ao redor do Rio Pinheiro, pensou-se sem Recuperação das margens (mata ciliar) dos rios principais da cidade de São Paulo, nos eixos centrais, mata ciliar, adoção de medidas de bioengenharia (retirada do gabião), com o objetivo de criar e recuperar. Na ciranda os demais grupos avaliaram como uma análise importante em todos os aspectos.</p>	<p>No âmbito da Mobilidade assim como no Clima visando atingir as ODS foram feitos pontos de diálogos para sugerir as seguintes propostas: na ZC, destacou-se o incentivo do transporte com energia limpa, atendendo as ODS 7 (energia limpa e sustentável), 9 (indústria, inovação e infraestrutura) e 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), descreveu-se incentivar a utilização de energia limpa no transporte público e particular, com frota de ônibus com energia limpa, instalação de pontos de carregamento de veículos e incentivos fiscais. Os demais grupos avaliaram como uma análise importante em todos os aspectos. Também apontaram para o NDVI baixo e</p>	<p>ZC, destacou-se no bairro Campos Elísios na Subprefeitura da Sé, visar a redução da emissão de Gases do Efeito Estufa, alegando redução da circulação de veículos particulares (mais poluentes) e incentivo ao uso de modais de transporte "limpos", da mobilidade ativa e do uso de transporte público coletivo, os demais grupos comentaram lugar e prioridade alta, porém tema médio, pensando em substituir veículos "menos poluentes" por "veículos automotores que fazem combustão" e outro grupo considerou todos os aspectos importantes e citando o estímulo a substituição para modais elétricos, levando a proposta a votação.</p>

2º DIA: PROPOSTA DOS GRUPOS	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
		arborização, atendendo a ODS 3 (Saúde e bem-estar), 10 (Redução das desigualdades) e 11.	
	No centro, destacou-se estudo e programa de arborização viária a fim de propor estudo e programa de arborização viária, para criar, e assim, intensificar a arborização viária, com as estratégias de teto verde, nucleação em espaços livres intralote, estruturar uma estratégia de aumento da arborização, intensificar arborização do SEL, recuperação de solo e serapilheira, aperfeiçoamento da cota verde. Na ciranda os demais grupos	Próximo ao Parque Ibirapuera, houve a proposta, articulação entre município e estado para proposta de diversificação de modais, relacionado a ODS 3, 10, 11 e 17 (Parcerias e meio de implementação), visando articulação entre município e estado para proposta de diversificação de modais, associando metro, bicicleta, transporte peatonal. Ao redor da Marginal Pinheiros, citou-se estímulo ao uso de bicicleta nos fundos de vale, atendendo a ODS 3, com objetivo de aumento das ciclovias em fundos de vale e melhoria dos acessos a ciclovia do Parque Bruno Covas. Sendo avaliada pelos demais grupos como	No bairro do Brás, na Subprefeitura da Mooca, Recuperação de solos urbanos, ODS 3 e 15 (Vida Terrestre), com a descrição Aumento da serapilheira, Aumento da capacidade fotossintética, Aumento da permeabilidade (materiais mais permeáveis), técnica de associação a plantio de arbustos de forma a dificultar a retirada de serrapilheira (árvores lenhosas e leguminosas, evitar o uso de gramado por ausência de lignina). Considerada importante colocação.

2º DIA: PROPOSTA DOS GRUPOS	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	avaliaram como uma análise importante em todos os aspectos.	importante proposta.	
	No Parque Estadual das Fontes de Ipiranga, também a proposta de criar fazendas de carbono em áreas remanescentes de mata atlântica, atingindo o objetivo de manter, ampliar e recuperar as áreas verdes. Dessa forma, criar fazendas de carbono na perspectiva da implantação de um mercado regulado de carbono no Brasil visando a proteção e aumento da densidade arbórea associada a exploração	Indo da ZC, para a ZL, região da Mooca na Avenida do Estado, a princípio propôs-se o zoneamento inclusivo no entorno do metro, atendendo a ODS 3, 10 e 11 com o comentário ao longo da estação do metrô e trem trem faz-se um Raio de 500 m para incentivos fiscais e diversificação de usos, com detalhes de Aquisição de imóveis para locação social (interesse social) nesse raio, Disponibilização de imóveis no entorno do metro em um raio de 500 m, HIS, equipamentos de saúde, com instrumentos: Incentivos fiscais, Administrativos, Urbanísticos, Melhoria da	Na ZL, destacou-se perto do parque do Carmo, o maior da ZL, situado na Subprefeitura de Itaquera, sobre reforma urbana atendendo a ODS 7, 11, 12 (Consumo e produção sustentável) e 13 (Ação contra a mudança global do clima), visando incentivar produção de eficiência energética em habitações, atendendo para o documento Cidades Sustentáveis (MASSAMBANI, 2012), sobre o capítulo eficiência energética em construções existentes. Um grupo apontou lugar e prioridade alta e tema baixo, sendo nomenclatura incorreta para a

2 ° DIA: PROPOSTA DOS GRUPOS	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	sustentável pelo mercado de carbono, observando apenas espécimes nativas da mata atlântica e incentivando os proprietários na manutenção e aperfeiçoamento dessas manchas, ampliável para todas as áreas semelhantes. Na ciranda, um dos outros grupos classificou essa proposta como: baixa do lugar, o tema alta e prioridade média. E o outro grupo considerou a proposta alta em geral. Levando essa proposta para discussão, ou seja, votação.	mobilidade e acessibilidade das calçadas. Na ciranda outro grupo classificou a proposta como médio para lugar, alto o tema e média prioridade, levando para votação.	proposta, nova nomenclatura: Eficiência energética em edificações, prédios geradores de energia, levando para votação.
	Em seguida a caminho da ZS, pensou-se em Cinturão de proteção, atingindo a meta de manter e	Na ZL propriamente dita, na região do São Lucas na Subprefeitura Vila Prudente, fez-se a proposta de ciclovias verdes, atendendo	Também na ZL , na Subprefeitura Ermelino Matarazzo, apoutou-se sobre materiais e técnicas construtivas sustentáveis, ODS 3,

2º DIA: PROPOSTA DOS GRUPOS	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	<p>ampliar, para tentar frear a invasão da urbanização e perda da qualidade da reserva e biodiversidade. Não fragmentar, manter centro protegido. Os demais grupos concordaram com a proposta e um deles fez o seguinte comentário: adequar e expandir a mancha do cinturão para os fragmentos florestais do vetor sul.</p>	<p>os quesitos da ODS 3 e 11, afim de trabalhar com arvores adequadas (mais de 2m) visando sombreamento e conforto dos ciclistas e aumenta a biodiversidade. Outro grupo comentou alto lugar, alto tema, mas média prioridade, alegando mais de 3m: altura livre e árvores altas, maiores que 6 metros. Levando a ideia para discussão e votação.</p>	<p>6 (água potável e saneamento), 11, 13 e 15 com a descrição telhados verdes e muros verdes. Diminui a temperatura do edifício x menos uso de ar condicionado. Aumenta a umidade relativa e a biodiversidade. Pode promover o encontro de pessoas e paisagem qualificada. Agricultura urbana. Jardins filtrantes. Jardins de chuva. Um grupo alegou apenas baixo tema, sendo muito genérico que não define e delimita a proposta.</p>
	<p>No extremo Sul, discutiu-se a criação de programa para converter terras agrícolas em fazenda de CO₂, a fim de criar e ampliar as áreas verdes, sendo uma APA do Capivari -</p>	<p>Na Subprefeitura de Aricanduva, destacou-se multifuncionalidade dos espaços abertos para diversos modais, ODS 3, 10 e 11, citou-se Multifuncionalidade dos espaços abertos, ciclovia, peatonal, somente em vias</p>	<p>Na Subprefeitura da Vila Mariana indo de encontro a ZS, apontou-se para Cidade Inteligente Sustentável, ODS 9 e 11, citando Promover a resiliência urbana/ambiental através das TICs, promovendo uma</p>

2º DIA: PROPOSTA DOS GRUPOS	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	<p>Monos, programa de conversão de terras agrícolas ou parte delas em fazendas de carbono aproveitando a oportunidade de criação do mercado regulado de carbono no brasil. estudar se unicamente por meio de recuperação de mata atlântica ou considerando conversão para agroflorestal. Na ciranda, um dos outros grupos comentou baixo sobre lugar, alto sobre tema e média prioridade, com a descrição: o que acontece hoje nessa área? Se for área de produção de alimentos, melhor manter e procurar áreas para sequestro de CO₂ em áreas</p>	<p>com menor declividade, na ciranda houve a avaliação outras ações necessárias como segurança no trânsito e controle de velocidade, com prioridade média e outro grupo destacou, especificar melhor como pode ser realizado dando alta prioridade. Levando essa proposta para votação. Na Subprefeitura de Itaquera, notou-se ramificação das linhas de metro, atendendo ODS 3, 10 e 11, com a descrição Ramificação das linhas de metro na ZO. Os demais grupos comentaram. Seria ZL? Pin localizado corretamente? E avaliaram como alta prioridade, o seguinte como lugar de baixa prioridade e comentou Pin na ZL e proposta na ZO o outro relevou que se esta proposta</p>	<p>gestão otimizada dos processos, com soluções inovadoras, transparência, governança participativa e melhoria da qualidade de vida. Comentou-se outro grupo baixo tema e prioridade, para pensar em Definir melhor a relação da proposta com a temática do clima. Levando a votação. Na ZS, no bairro de Interlagos na Subprefeitura da Capela do socorro, destacou-se conectar áreas verdes, a fim de promover a conexão das áreas verdes através da criação de novos parques urbanos, parques lineares, micro parques, corredores verdes. Redução da temperatura, aumento da umidade relativa (evapotranspiração), sombreamento, captura de carbono, recuperação do solo</p>

2º DIA: PROPOSTA DOS GRUPOS	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	<p>mais distantes, a fim de reduzir o transporte que abastecem o município. E o outro grupo considerou a proposta alta viabilidade. Levando essa proposta para votação.</p>	<p>estivesse falando da ZL, o lugar, tema e prioridade estariam sendo atendidos. Podendo pensar na votação para ajuste. Por fim na ZL, na Subprefeitura de Guaianases, pontuou-se para a instalação de bicicletários, ODS 3 e 11, citando instalação de bicicletários públicos (com alguns pontos de apoio ao ciclista) para incentivar o uso da bicicleta como modal de transporte. Na ciranda os demais grupos colocaram, lugar alto, porém tema e prioridade baixa, dizendo importante pensar na Definição da proposta como um programa para a cidade como um todo. Levando para discussão e votação.</p>	<p>e dos recursos hídricos. Na ciranda os grupos consideraram todos os aspectos importante e fizeram a observação: Estudo em várias escala e interliga com sugestão de NDVI do grupo do tema Ambiental. Na ZN, na Subprefeitura de Jaçanã, observou-se para Requalificação dos recursos hídricos, ODS 3,6,11,13,14. Relatando Promover a melhoria da qualidade das águas dos rios, riachos e córregos com a adoção de SbN. Melhoria da drenagem urbana, evapotranspiração e aumento das áreas verdes. Um grupo comentou que apenas o lugar é médio, a fim de ampliar a rede de coleta e tratamento de esgoto da cidade e acabar com ligações</p>

2º DIA: PROPOSTA DOS GRUPOS	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
			clandestinas de efluentes.
		<p>Na ZN, houve os seguintes diálogos, na Subprefeitura Casa Verde, sobre normatização das Calçadas, ODS 3 e 11, a fim de normatizar largura, inclinação, faixa de serviço (árvores) e tipo de materiais adequados - para promover o caminhar. Fiscalização e manutenção. Na ciranda, colocou-se como baixo lugar, alto tema e baixa prioridade, alegando quais calçadas são prioritárias para implementação de norma? Cada situação de rua demanda um projeto distinto, observando as especificidades de cada lugar. Levando a proposta para discussão, votação.</p>	
		<p>Na mesma região, em direção ao Parque da Cantareira, citou-se</p>	

2º DIA: PROPOSTA DOS GRUPOS	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
		<p>redução de velocidade e sinalização para pedestre, ODS 3 e 11, com a descrição de identificar pontos de risco ao pedestre para melhorar a sinalização e propor redução na velocidade permitida ao trânsito visando mais segurança e incentivo ao caminhar/ bicicleta. Outro grupo sugeriu baixo tema e alta prioridade, observando inserção em ruas locais (e determinadas vias secundárias) que comportam a estratégia de traffic calming. Levando assim a votação. Também fez-se o apontamento de compartilhamento de bicicletas, com ODS 3, 10 e 11, destacando compartilhamento de bicicletas e sistema integrado de modais. Na ciranda, um grupo avaliou</p>	

2 ° DIA: PROPOSTA DOS GRUPOS	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
		como importante colocação e outro como lugar médio e alto tema e prioridade.	

Fonte: Autora, 2023

APÊNDICE U. Quadro Geodesign 3º dia

3º DIA: DISCUSSÃO DOS PONTOS QUE DEVERIAM SER AJUSTADOS PARA A VOTAÇÃO	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	<p>ZL onde citava sobre: “Fazendas de Carbono em áreas agrícolas Leste, ODS 3 e 4”, os outros grupos indagaram para ajustar o título e o local que deveria ser mais central se transformando em uma política. Sendo assim ficou, “<i>Buffer</i> de agroflorestal em faixa de contato com a Mata Atlântica, ODS 2 (fome zero e agricultura sustentável)” e um “pin” central na plataforma, com a descrição fazendas de carbono visando a conversão de terras agrícolas em sumidouros de carbono, com vegetação nativa</p>	<p>O “pin” na ZL citou “Política Cicloviária, ODS 3, 11, 13, 17”. Houve a discussão, definição da proposta como um programa para a cidade como um todo fazer o ajuste da descrição como instalação de bicicletários públicos (com alguns pontos de apoio ao ciclista) para incentivar o uso da bicicleta como modal de transporte mudando o título para “Instalação de bicicletário ODS 3, 11”. Dessa forma foi aprovado. Na ZN o tema “Normatização das calçadas,</p>	<p>O único ponto levado a discussão margeando o Parque do Carmo, na ZL com o título “Requalificação da tipologia da ocupação com critério sustentáveis ODS 3, 7, 11, 12, 13” a discussão abrangeu, nomenclatura incorreta para a proposta e nova nomenclatura para proposta: “Eficiência energética em edificações, Prédios geradores de energia”, sendo dessa forma aprovada a proposta.</p>

3º DIA: DISCUSSÃO DOS PONTOS QUE DEVERIAM SER AJUSTADOS PARA A VOTAÇÃO	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	<p>e diversa, melhorando a conexão com a reserva da biosfera aproveitando as oportunidades da criação do mercado regulado de carbono no Brasil.</p>	<p>ODS 3,10” foi discutido para: “Quais calçadas são prioritárias para implementação da norma? Cada situação de rua demanda um projeto distinto, observando a especificidade de cada lugar”. Essa proposta foi reprovada, mas foi contemplada em “Estratégias de Segurança Viária para o pedestre, ODS 3, 9, 11” situado perto da Cantareira, também sofreu alterações para o título “Redução de velocidade e sinalização para pedestre, ODS 3, 11”, alegando inserção em ruas locais (e</p>	

3º DIA: DISCUSSÃO DOS PONTOS QUE DEVERIAM SER AJUSTADOS PARA A VOTAÇÃO	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
		<p>determinadas vias secundárias) que comportam a estratégia de <i>traffic calming</i> e identificar pontos de risco ao pedestre para melhorar a sinalização e propor redução na velocidade permitida ao transito visando mais segurança e incentivo ao caminhar/ bicicleta.</p>	
	<p>Segundo ponto levado para discussão na votação na ZS, “Criação de programa para converter terras agrícolas em fazenda de CO₂, ODS 2, 3”, alegaram o que acontece hoje nessa área? Se for</p>		

3º DIA: DISCUSSÃO DOS PONTOS QUE DEVERIAM SER AJUSTADOS PARA A VOTAÇÃO	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	<p>área de produção de alimentos, melhor manter e procurar áreas para sequestro de CO₂ em áreas mais distantes (reduzir o transporte dos alimentos que abastecem o município), assim esta proposta foi negada e contemplada na anterior: “Buffer de agroflorestal em faixa de contato com a Mata Atlântica, ODS 2 (fome zero e agricultura sustentável)”.</p>		

Fonte: Autora, 2023

APÊNDICE V. Quadro Geodesign 4º dia

4º DIA: AS PROPOSTAS APROVADAS, PARA O DESIGN FINAL	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	<p>O polígono no extremo norte visando a criação, fez-se a proposta da criação de fazendas de carbono com vegetação nativa e diversa aproveitando a oportunidade do mercado de carbono regulado no Brasil com o projeto em tramitação.</p>	<p>As aprovações se basearam em proporcionar o acesso a um sistema de transporte seguro, acessível, sustentável e preço viável para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio de expansão dos transportes públicos e ativos e atenção para necessidade dos usuários em situação de vulnerabilidade, como mulheres, crianças, idosos e pessoas com deficiência.</p> <p>Na ZN, alertou-se para o uso de compartilhamento de bicicletas, ODS: 3,10,11 com o uso de sistema integrado de modais e também pensando nesse compartilhamento de uso para as</p>	<p>As propostas que colaboram para a melhora do clima local visando a mitigação da ICU colaborando para as adaptações às mudanças climáticas e resiliência urbana.</p> <p>Na ZN perto do Parque da Cantareira: Requalificação dos recursos hídricos visando a ODS: 3,6,11,13,14, para promover a melhoria da qualidade das águas dos rios, riachos e córregos com a adoção de SbNs. Melhoria da drenagem urbana, evapotranspiração e aumento das áreas verde, assim como ampliar a rede de coleta e tratamento de esgoto da cidade e acabar com ligações clandestinas de efluentes.</p>

4º DIA: AS PROPOSTAS APROVADAS, PARA O DESIGN FINAL	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
		outras zonas da área.	
	<p>Nas margens do Rio Pinheiros sobre criar e recuperar, recuperação das margens, mata ciliar, dos rios principais da cidade de São Paulo, como tentar após sua despoluição o transporte e esporte ao longo prazo, assim como recuperação do solo envolta com a manutenção da serapilheira em período de seca e pensar nesta área como paisagens anfíbias: com possibilidade de zonas diferentes de altura da lâmina d'água (aumento e diminuição do</p>	<p>Na ZO beirando o Rio Pinheiros na altura do bairro Vila Madalena, ressaltou estímulo ao uso de bicicleta nos fundos de vale, ODS 3, para aumento das ciclovias em fundo de vale e melhoria dos acessos a ciclovia do Parque Bruno Covas. Na ZC, ressaltou-se os seguintes diálogos, NDVI baixo e arborização, com enfoque nas ODS 3, 10 e 11. Áreas com NDVI baixo (negativo ou igual a 0) promover sombreamento do sistema viário. Intensificar a arborização observando os eixos de circulação de pedestre que conversam com as demais propostas para mobilidade. Também ressaltou a</p>	<p>Na ZC sobre o clima houve várias questões, a primeira sobre visar a redução das emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEE), atendendo a ODS: 3, 11, 13 com a redução da circulação de veículos particulares (altamente poluentes) para incentivo de uso de modais de transportes "limpos", da mobilidade ativa como uso de bicicletas e o uso de transporte públicos coletivos. Posteriormente sobre recuperação de solos urbanos, com a ODS: 3,15, com o enfoque de aumento da serapilheira, da capacidade fotossintética, da permeabilidade</p>

4º DIA: AS PROPOSTAS APROVADAS, PARA O DESIGN FINAL	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	<p>nível das águas): envolvendo caminhos sob a água, edifícios que se adequam aos diferentes períodos de seca e cheia e com plantio adequado (árvores de raízes profundas, arbustos resistentes).</p>	<p>necessidade do incentivo do transporte com energia limpa, ODS 7, 9, 11, 13 para incentivar a utilização de energia limpa no transporte público e particular, com frota de ônibus com energia limpa, instalação de pontos de carregamento de veículos e incentivos fiscais, com a observação programa pré-existente para a frota de ônibus e trata-se de um programa para toda a cidade de São Paulo. Assim como, articulação entre município e estado para proposta de diversificação de modais, ODS 3,10,11,17 para proposta de diversificação de modais, associando metro, bicicleta,</p>	<p>(materiais mais permeáveis) com técnica de associação a plantio de arbustos de forma a dificultar a retirada de serrapilheira (árvores lenhosas e leguminosas, evitar o uso de gramado por ausência de lignina). Também nesta região, mas visando todo o município, pensar na Cidade Inteligente Sustentável, atingindo a ODS 9 e 11, promoção da resiliência urbana/ambiental através das TICs, promovendo uma gestão otimizada dos processos, com soluções inovadoras, transparência, governança participativa e melhoria da qualidade de vida.</p>

4º DIA: AS PROPOSTAS APROVADAS, PARA O DESIGN FINAL	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
		transporte peatonal.	
	<p>Nas margens do Rio Tietê, pensou-se em criar e recuperar, também na recuperação das matas ciliares e propôs-se para toda sua extensão SbNs nas adjacências do Parque Ecológico do Tietê, valorizando o potencial dos serviços ecossistêmicos que esta área pode trazer. Assim como citou-se para o Rio Pinheiros, recuperação da mata ciliar e adoção de medidas de bioengenharia, retirar o concreto, assim como continuando no</p>	<p>Na ZL, perto do bairro da Mooca, ressaltou para criar Zoneamento inclusivo no entorno do metro, ODS 3, 10 e 11. Ao longo de estação de metrô e de trem faz-se um raio de 500 m para incentivos fiscais e diversificação de usos, como aquisição de imóveis para locação social (interesse social) nesse raio, Disponibilização de imóveis no entorno do metro em um raio de 500 m, HIS, equipamentos de saúde. Com instrumentos: Incentivos fiscais, Administrativos, Urbanísticos e melhoria da mobilidade e acessibilidade das calçadas.</p>	<p>Na ZL atentou-se para aprovação de materiais e técnicas construtivas sustentáveis, atendendo ODS: 3,6,11,13,15, a fim de criar telhados verdes e muros verdes. Diminui a temperatura do edifício e assim menos uso de ar condicionado. Aumenta a umidade relativa e a biodiversidade. Pode promover o encontro de pessoas e paisagem qualificada. Promover a agricultura urbana, jardins filtrantes e jardins de chuva.</p>

4º DIA: AS PROPOSTAS APROVADAS , PARA O DESIGN FINAL	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	Rio Cabuçú de Baixo e Rio Tamanduateí visar sua recuperação, para criar e recuperar sua IV e também seguindo no Rio Aricanduva.		
	Na ZC criou-se o polígono alertando para criação de Estudo e Programa de arborização viária para intensificar a arborização viária. Com estratégias: teto verde, nucleação em espaços livres intralote, estruturar uma estratégia de aumento da arborização, intensificar arborização do SEL, recuperação de solo e serapilheira e	Nas redondezas do bairro São Lucas, ressaltou-se aplicar ciclovias verde, ODS 3 e 11. Trabalhar com arvores adequadas (mais de 2m) visando sombreamento e conforto dos ciclistas. Aumenta a biodiversidade. Ressaltando-se Mais de 3m: altura livre e árvores altas (maiores que 6 m). Na região da Vila Formosa, pensar na multifuncionalidad e dos espaços abertos para diversos modais, ODS 3, 10 e 11, assim como ciclovias, peatonal e	Por fim neste eixo, na ZS, pensou-se em conectar as áreas verdes, ODS: 3,6,11,13,14,15 para promover a conexão das áreas verdes através da criação de novos parques urbanos, parques lineares, micro parques, corredores verdes. Redução da temperatura, aumento da umidade relativa (evapotranspiração) , sombreamento, captura de carbono, recuperação do solo e dos recursos hídricos.

4º DIA: AS PROPOSTAS APROVADAS, PARA O DESIGN FINAL	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	<p>aperfeiçoamento da cota verde, como um ponto central que deve ser espalhado para as outras subprefeituras, onde foi realizado em diálogo esta proposta.</p>	<p>outras ações necessárias para segurança do trânsito e controle de velocidade.</p>	
	<p>a proposta aprovada foi criação de buffer de agroflorestal em faixa de contato com a Mata Atlântica. Assim, criar fazendas de carbono visando a conversão de terras agrícolas em sumidouros de carbono, com vegetação nativa e diversa, melhorando a conexão com a reserva da biosfera aproveitando as oportunidades</p>	<p>Na ZS, pensar na adoção da prática de cidade 15 minutos, ODS 3, 10 e 11. Estímulo a cidade de 15 minutos com enfoque em trabalho, transporte, espaços livres multifuncionais.</p>	

4º DIA: AS PROPOSTAS APROVADAS , PARA O DESIGN FINAL	AMBIENTAL	MOBILIDADE	CLIMA
	da criação do mercado regulado de carbono no Brasil.		

Fonte: Autora, 2023



No trabalho apresentado
que é produto da tese de
doutorado de Amanda

Lombardo
Fruehauf,
realizado
na
ESALQ/USP
no Programa
de Recursos

Florestais, houve um extenso
trabalho com sistematização de
análises em sensoriamento remoto e
análises estatísticas. A tese avança ao
sair da análise de dados diversificados
para um design focado na síntese e
resultados em planejamento e
projeto por meio do geodesign.

Professor Rubens do Amaral.
Doutorado em Arquitetura e Urbanismo,
Universidade de Brasília, UnB