

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

MARIANE SLIWINSKI

**DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO
TRANSPORTE SUSTENTÁVEL (DOTS): AVALIAÇÃO
DAS CONDIÇÕES ATUAIS E DA
AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE SETORES
CENSITÁRIOS DE UM BAIRRO DE SÃO CARLOS-SP**

SÃO CARLOS -SP
2024

MARIANE SLIWINSKI

**DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL (DOTS):
AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATUAIS E DA AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE
SETORES CENSITÁRIOS DE UM BAIRRO DE SÃO CARLOS-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a conclusão da graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr Marcelo Monari

São Carlos-SP
2024

Sliwinski, Mariane

Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS): avaliação das condições atuais e da autocorrelação espacial entre setores censitários de um bairro de São Carlos-SP / Mariane Sliwinski -- 2024. 55f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador (a): Marcelo Monari

Banca Examinadora: Fernando Hideki Hirosue, Thais de Cassia Martinelli Guerreiro

Bibliografia

1. Autocorrelação espacial. 2. Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS). 3. Setores censitários. I. Sliwinski, Mariane. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Arildo Martins - CRB/8 7180

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio incondicional e amor constante durante toda a minha jornada acadêmica.

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que me deu forças, coragem e fé para enfrentar todos os desafios dessa jornada acadêmica. A distância de 1080 km da minha família foi uma prova difícil, mas Sua presença constante me guiou e me sustentou, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Roseli Jahnel Sliwinski e Martin Sliwinski, sou eternamente grata. À minha mãe, pelas orações que sempre me acompanharam. Ao meu pai, pelo suporte financeiro, fruto de seu árduo trabalho. A ambos, por todo apoio emocional, mesmo em meio às lágrimas de cada despedida.

À minha irmã, Letícia Sliwinski Miranda, agradeço por suas palavras sempre certas, que me acalmavam e me mostravam novas perspectivas. Nossas conversas, mesmo a distância, tornaram essa jornada mais leve. Agradeço também ao meu cunhado, Plínio Miranda Sliwinski, pelas inúmeras idas e vindas à rodoviária.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Monari, que acreditou em mim quando eu mesmo não acreditava, agradeço por todo apoio e disposição ao longo deste trabalho.

Um agradecimento especial aos amigos e familiares que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho, seja com palavras de incentivo, sugestões ou apoio em momentos difíceis. Em especial à Isabella, por me acolher em seu grupo de amigas, tornando essa jornada mais leve; ao meu primo, Matheus, por caminhar ao meu lado pelas ruas do Bairro Cidade Jardim (10 km de muita subida); à Desirreê, por se dispor a ir comigo de carro levantar dados faltantes; e à Karol, querida amiga da Obra, por todo apoio e pelas orações feitas por mim nessa reta final.

Por fim, agradeço a todos os professores e colegas que contribuíram para minha formação, cada um deixando uma marca importante no meu crescimento pessoal e profissional.

A todos, meu mais profundo e sincero agradecimento.

Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS): avaliação das condições atuais e da autocorrelação espacial entre setores censitários de um bairro de São Carlos-SP

RESUMO

O planejamento da mobilidade urbana desempenha um papel crucial na construção de cidades sustentáveis e eficientes, promovendo acessibilidade universal e contribuindo para a preservação ambiental. A fim de auxiliar na execução deste, reconhecida internacionalmente, a metodologia DOTS - Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável se apresenta como um critério de avaliação das condições de mobilidade dos municípios. O objetivo desta pesquisa é combinar a referida metodologia DOTS com conceitos clássicos de estatística espacial em um bairro de São Carlos-SP, cidade brasileira de porte médio, com o intuito de estimar as condições atuais de mobilidade urbana sustentável e avaliar se há autocorrelação espacial dos distintos setores censitários (definidos pelo IBGE) com relação aos indicadores DOTS. A aplicação da metodologia no Bairro Cidade Jardim, em São Carlos-SP, permitiu verificar padrões DOTS de Muito Ruins a Ruins, com moderada autocorrelação espacial entre os setores censitários apenas no uso de bicicleta. As principais limitações do trabalho incluem simplificações metodológicas com relação ao próprio DOTS e à divisão das unidades de análise. Para pesquisas futuras, sugere-se a utilização de outras unidades de análise e a condução de análises bivariadas para compreender melhor a associação espacial entre os critérios.

Palavras-chave: Autocorrelação espacial; DOTS; Mobilidade urbana; Setores censitários; Sustentabilidade.

Transit-Oriented Development (TOD) Standard: Assessing current conditions and spatial autocorrelation between census tracts of a neighborhood in São Carlos-SP, Brazil

ABSTRACT

Urban mobility planning plays a crucial role in building sustainable and efficient cities as it promotes universal accessibility and contributes to environmental preservation. To support its implementation, the internationally recognized TOD Standard - Transit-Oriented Development Standard — is presented as a criterion to evaluate the mobility conditions in cities. The objective of this research is to combine the aforementioned TOD methodology with classical concepts of spatial statistics in a neighborhood of São Carlos-SP, a medium-sized Brazilian city, to estimate its current conditions of sustainable urban mobility and assess whether there is spatial autocorrelation between census tracts (defined by the Brazilian Institute of Geography and Statistics - IBGE) in relation to the TOD indicators. The application of the methodology in the Cidade Jardim neighborhood of São Carlos-SP allowed the identification of overall TOD standards ranging from Very Low to Low, with moderate spatial autocorrelation between census tracts only in bicycle use. The main limitations of the study include methodological simplifications concerning the TOD Standard itself and the subdivision of the units of analysis. Future work is suggested to use other units of analysis and conduct bivariate analyses to better address the spatial association between the TOD criteria.

Keywords: Spatial Autocorrelation; TOD Standard; Urban Mobility; Census tracts; Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Comparação entre viagens e deslocamentos pelo modo principal, 2018.	18
Figura 2 - Divisão modal das viagens por modo de transporte em municípios com população entre 250 e 500 mil habitantes, 2018.	18
Figura 3 - Mobilidade na cidade do Rio de Janeiro (1950-2005).	20
Figura 4 - Localização dos setores selecionados para estudo.	34
Figura 5 - Hierarquia viária no Bairro Cidade Jardim.	35
Figura 6 - Exemplos de registros fotográficos dos levantamentos.	36
Figura 7 - Calçadas nos Setores 280, 282, 93 e 94, respectivamente.	38
Figura 8 - Fachada Ativa no Setor 64.	38
Figura 9 - Ciclovia no Setor 64.	39
Figura 10 - Grau de Conectividade do Setor 281 e 283.	40
Figura 11 - Área Comercial do Setor 283.	40
Figura 12 - Área Comercial do Setor 236.	41
Figura 13 - Mapa graduado referente às notas DOTS finais.	43
Figura 14 - Autocorrelação Espacial do Critério 1 e 2.	44
Figura 15 - Autocorrelação Espacial do Critério 3 e 4.	45
Figura 16 - Autocorrelação Espacial do Critério 5 e 6.	46
Figura 17 - Autocorrelação Espacial do Critério 7 e 8.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios de pontuação do DOTS para o transporte a pé.	26
Tabela 2 - Critérios de pontuação do DOTS para o transporte por bicicleta.	26
Tabela 3 - Critérios de pontuação do DOTS para o transporte coletivo.	27
Tabela 4 - Critérios de pontuação do DOTS para conexões.	27
Tabela 4 - Critérios de pontuação do DOTS para conexões (continuação).	28
Tabela 5 - Critérios de pontuação do DOTS para diversidade de uso.	28
Tabela 6 - Critérios de pontuação do DOTS para densidade populacional.	28
Tabela 7 - Critérios de pontuação do DOTS para infraestrutura viária.	29
Tabela 8 - Escala de julgamento.	31
Tabela 9 - Importâncias relativas adotadas para os princípios do DOTS.	31
Tabela 10 - Valores normalizados para importâncias relativas entre princípios do DOTS.	32
Tabela 11 - Índices de consistência aleatória.	32
Tabela 12 - Padrão DOTS.	32
Tabela 13 - Setores de estudo.	34
Tabela 14 - Pontos atribuídos a cada critério do DOTS nos setores estudados.	37
Tabela 15 - Padrão DOTS de cada setor estudado.	42

LISTA DE SIGLAS

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos

DOTS - Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PlanMob - Plano de Mobilidade Urbana

PNMU - Política Nacional de Mobilidade Urbana

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVO	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL	17
2.1.1 Modos Ativos de Transporte	17
2.1.2 Modos Coletivos de Transporte	19
2.1.3 Plano de Mobilidade Urbana (PlanMob)	20
2.2 DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL	22
2.2.1 Princípios DOTS	22
3 MÉTODO	25
3.1 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)	25
3.2 ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA DOTS	25
3.2.1 Transporte a Pé	25
3.2.2 Transporte por Bicicleta	26
3.2.3 Transporte Coletivo	26
3.2.4 Conexões	27
3.2.6 Densidade Populacional	28
3.2.7 Infraestrutura Viária	29
3.2.8 Definição dos pesos dos critérios	29
3.2.9 Padrão DOTS	32
3.3 AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DAS NOTAS DOS SETORES CENSITÁRIOS	33
3.4 ESTUDO DE CASO: BAIRRO CIDADE JARDIM	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é um dos temas mais prementes e complexos nas cidades contemporâneas. À medida que as áreas urbanas crescem em população e extensão, os desafios associados ao deslocamento eficiente e sustentável tornam-se cada vez mais evidentes. A capacidade das pessoas de se movimentarem de maneira fluida e acessível dentro dos ambientes urbanos não apenas influencia diretamente a qualidade de vida, mas também tem implicações significativas para o desenvolvimento econômico, social e ambiental das comunidades (CARVALHO, 2016).

Frente a isso, motivada pela necessidade de enfrentar problemas como congestionamentos, poluição do ar, acidentes de trânsito e a degradação do espaço público, a busca por soluções inovadoras e eficazes na área de mobilidade urbana tem se intensificado. “A intenção é buscar a melhoria da qualidade de vida nas cidades, com a valorização do direito à circulação para todos os cidadãos, bem como a redução dos efeitos negativos” (BRASIL, 2015).

Em 3 de janeiro de 2012, tem-se um marco significativo no avanço das políticas de transporte e mobilidade sustentável no Brasil. A promulgação da “Lei da Mobilidade Urbana”, estabelecida pela Lei Federal nº 12.587, enfatiza a integração entre diversos modos de transporte, destacando a importância dos meios ativos e coletivos (BRASIL, 2012).

A referida lei estabelece a obrigatoriedade da elaboração de Planos de Mobilidade Urbana (PlanMob) para municípios com população superior a 20 mil habitantes, visando aprimorar a eficiência e a sustentabilidade dos sistemas de transporte nas áreas urbanas do país. Contudo, conforme apontado pelo último levantamento, somente 15% dos municípios sujeitos à elaboração efetivamente possuíam tais planos de mobilidade urbana (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2023).

Nesse contexto, dentre as possíveis ferramentas para auxiliar na melhoria da mobilidade urbana, tem-se a metodologia DOTS - Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável. Internacionalmente reconhecida, esta visa a integração entre a mobilidade urbana e o uso do solo, apontando critérios fundamentais para a avaliação das condições de mobilidade urbana (EVERS et al., 2018).

Portanto, em virtude das informações apresentadas e da necessidade de uma mobilidade urbana eficiente e sustentável, é importante aplicar a metodologia

DOTS em estudos de caso em território nacional, visando explorar as suas potencialidades e dificuldades, de forma a validar tal metodologia como um instrumento para a elaboração de PlanMob em conformidade com a lei supracitada.

1.1 JUSTIFICATIVA

Frente aos benefícios da liberdade de escolha de trajetos e da redução de tempo de deslocamento (devido à maior velocidade) proporcionados pelo automóveis, o seu uso generalizado resultou em rápido crescimento urbano sem o devido planejamento, gerando periferias e aumentando a necessidade do transporte motorizado (ALMEIDA; RESENDE, 2011).

Promulgada no ano de 2012, a Lei n.12.587 exige a elaboração e aprovação do Plano de Mobilidade Urbana aos municípios com mais de 20.000 habitantes com enfoque no transporte não motorizado e coletivo (BRASIL, 2012). No entanto, os prazos para o cumprimento de tal lei vêm sofrendo prorrogações sistemáticas decorrentes da não elaboração dos planos devido a desafios técnicos e financeiros (CNM, 2023).

A metodologia DOTS promove os modos ativos e coletivos de transporte, alinhando-se às diretrizes legais, e demonstra uma aplicação prática em campo, se tornando, portanto, critérios objetivos altamente promissores para orientar a elaboração do Plano de Mobilidade Urbana (ITDP, 2017a).

Embora a abordagem DOTs se apresente como um dos principais critérios internacionais para avaliação das condições de transporte e trânsito de centros urbanos, como em Hong Kong, Tóquio, Nova York e Londres (SUZUKI *et al.*, 2015), ela pouco tem sido utilizada para o planejamento dos transportes em cidades brasileiras, sobretudo naquelas cujos sistemas viários já estão consolidados (EVERS *et al.*, 2018).

Este trabalho de conclusão de curso visa explorar essa lacuna, enfatizando o desafio de aplicar a metodologia DOTS em uma cidade brasileira de porte médio, São Carlos-SP.

Ao focar São Carlos-SP, esta pesquisa busca não apenas diagnosticar os desafios, mas também fornecer insights valiosos para a formulação de políticas de transporte mais alinhadas às necessidades locais e capazes de promover uma mobilidade urbana verdadeiramente sustentável.

1.2 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é combinar a metodologia DOTS com conceitos clássicos de estatística espacial para avaliar as condições atuais do transporte sustentável em um bairro de uma cidade brasileira de porte médio, São Carlos-SP.

Os objetivos específicos são:

1. Identificar o padrão DOTS de cada um dos onze setores censitários que compõem o objeto de estudo, definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE);
2. Verificar se há autocorrelação espacial dos parâmetros DOTS individuais e do padrão DOTS final entre os setores censitários em questão.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho está organizado em cinco capítulos. O capítulo 1 abrange a introdução, justificativa, objetivo do estudo, proporcionando um entendimento preliminar sobre o tema investigado. O capítulo 2 contém uma revisão da literatura, onde são explorados os conceitos e práticas de mobilidade urbana sustentável, assim como os princípios do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS). No capítulo 3, é detalhado o método empregado no desenvolvimento do trabalho, incluindo a adaptação da metodologia DOTS para o levantamento de campo e a apresentação do bairro estudado. O capítulo 4 apresenta os resultados e discussão do trabalho realizado. Por fim, o quinto capítulo sintetiza as principais conclusões do estudo, discute suas limitações e sugere direções para futuras pesquisas. Ao final, são listadas as fontes e referências que sustentaram a pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, é abordado o referencial teórico necessário ao desenvolvimento do trabalho.

2.1 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

A mobilidade urbana sustentável abrange alguns princípios fundamentais, tais como: a redução da demanda por deslocamentos motorizados; a transição para modos de transporte coletivo e não motorizado, restringindo estacionamentos e a circulação de automóveis; e a promoção de cidades compactas, conectadas e com uso misto do solo (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015).

2.1.1 Modos Ativos de Transporte

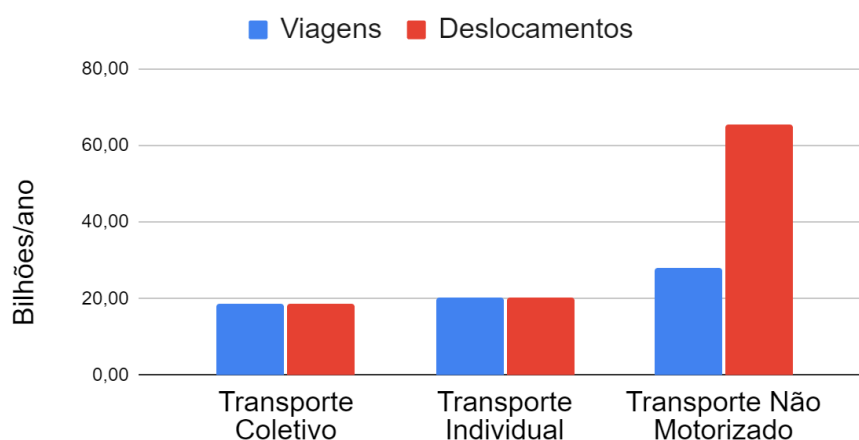
Os modos ativos de transporte compreendem diferentes meios de locomoção que dependem exclusivamente da propulsão humana, como caminhar, usar bicicletas ou outros equipamentos mecânicos não motorizados (MARINO, 2020). De acordo com o relatório da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP, 2018), são realizadas diariamente no Brasil cerca de 223 milhões de viagens, percorrendo aproximadamente 1,36 bilhão de quilômetros. Desse total, a maior parte dos deslocamentos é feita a pé ou de bicicleta (ANTP, 2020).

Independentemente do meio de transporte principal, o caminhar está presente em todas as viagens, seja de forma direta até o destino ou como uma etapa de acesso a outros meios de transporte (LARRANAGA et al., 2016). A ANTP destaca que, ao contabilizar os trechos a pé para acessar o transporte público, a participação dos modos não motorizados aumenta em 56%, como ilustrado na Figura 1 (ANTP, 2020).

As bicicletas, por sua vez, permitem deslocamentos confortáveis em distâncias de até 10 km, sendo constantemente apontadas como uma alternativa viável diante do aumento do tráfego e da crescente preocupação com questões ambientais e de saúde pública (BRASIL, 2015). Em municípios com população entre 250 e 500 mil habitantes, o relatório da ANTP ressalta a predominância dos modos ativos em relação ao transporte individual motorizado, seguido pelo transporte público, conforme a Figura 2 (ANTP, 2020). Entretanto, o uso de bicicletas ainda é

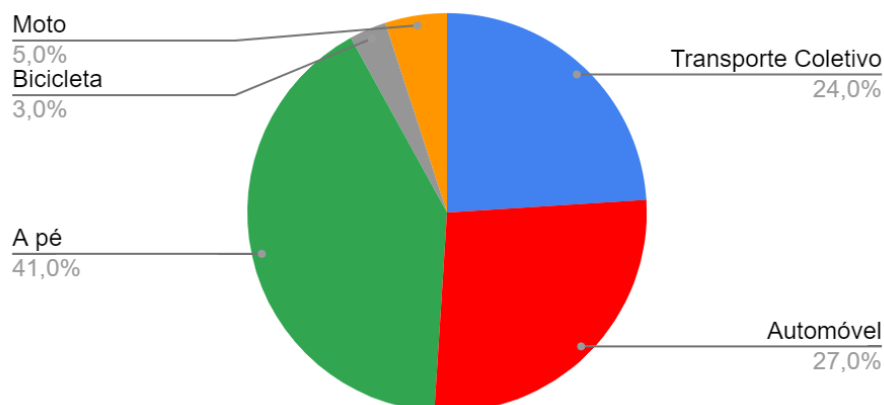
baixo, cenário semelhante ao do município estudado, possivelmente influenciado por fatores como a topografia e a infraestrutura cicloviária inadequada.

Figura 1 - Comparação entre viagens e deslocamentos pelo modo principal, 2018.



Fonte: Adaptado de ANTP (2020).

Figura 2 - Divisão modal das viagens por modo de transporte em municípios com população entre 250 e 500 mil habitantes, 2018.



Fonte: Adaptado de ANTP (2020).

Em pesquisa realizada por Barros et al. (2015), foi constatado que os projetos urbanos são fatores determinantes para a obtenção de uma cidade para pessoas ou para carros. Os modos ativos de transporte são mais utilizados em regiões planejadas visando o pedestre.

No entanto, a escolha por esta forma de deslocamento, em tempos em que outras opções de transporte estão disponíveis, está atrelada a diferentes fatores, como as condições físicas e sociais dos indivíduos e a oferta de infraestruturas que incentivem e facilitem os deslocamentos a pé (SAMIOS, 2018, p. 16).

Os aspectos socioeconômicos, como renda, idade e gênero, influenciam diretamente na forma de deslocamento. Nas classes de renda mais alta, há

mobilidade, enquanto grupos de baixa renda, geralmente residentes nas periferias, enfrentam dificuldades financeiras que limitam suas opções de transporte. Idosos, apesar da gratuidade no transporte público, lidam com barreiras físicas e uma oferta focada em trabalhadores. Já as mulheres, que realizam várias viagens diárias, muitas vezes a pé, são mais suscetíveis à insegurança, evidenciando a necessidade de uma infraestrutura que promova deslocamentos ativos e coletivos de forma segura e acessível para todos.

2.1.2 Modos Coletivos de Transporte

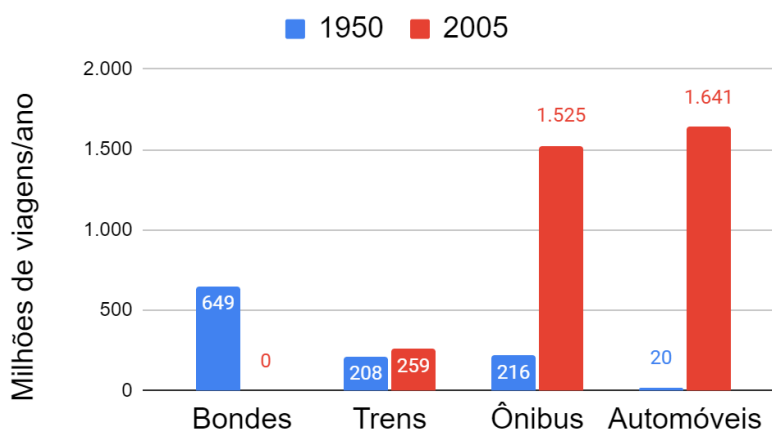
Os modos coletivos de transporte envolvem veículos que não são de uso individual sendo propriedade de uma empresa ou de outra pessoa. O acesso a esses veículos é controlado por funcionários, comprovantes ou equipamentos como catracas, e o pagamento pode ser realizado em dinheiro, pix, cheque ou cartão de crédito (FERRAZ, 2023). Esse transporte pode ser de natureza pública, com itinerários e preços estabelecidos pelo poder público, onde o acesso está disponível a todos mediante pagamento individualizado; ou privada, com características operacionais exclusivas para cada linha e demanda e restrito ao público em geral (BRASIL, 2012).

O transporte coletivo é um serviço essencial nas cidades, pois democratiza a mobilidade, constitui um modo de transporte imprescindível para reduzir congestionamentos, os níveis de poluição e o uso indiscriminado de energia automotiva, além de minimizar a necessidade de construção de vias e estacionamentos (ARAUJO et al., 2011, p. 580).

De acordo com a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE), as famílias brasileiras, no ano de 2009, gastaram em média 16,2% de sua renda mensal com transporte privado e 3,64% com transporte público (CARVALHO; PEREIRA, 2012).

No Brasil, o primeiro carro chegou em 1891 (MELO, 2003) e a transformação na mobilidade urbana ocorreu a partir da década de 1960. No Rio de Janeiro, por exemplo, houve uma transição da mobilidade essencialmente pública e elétrica para uma mistura de modos de transporte público e privado dependentes de combustíveis fósseis, conforme a Figura 3 (VASCONCELLOS et al., 2011).

Figura 3 - Mobilidade na cidade do Rio de Janeiro (1950-2005).



Fonte: Adaptado de VASCONCELLOS et al., 2011.

Esta expansão acelerada trouxe consigo a ineficiência do transporte coletivo para atender à crescente demanda, a popularização dos automóveis, o aumento de engarrafamentos e a redução da qualidade de vida urbana (ALMEIDA; RESENDE, 2011).

Frente a isto, é notório que o planejamento urbano tornou-se ferramenta crucial para gerenciar o crescimento e otimizar a mobilidade nas cidades em expansão.

2.1.3 Plano de Mobilidade Urbana (PlanMob)

O Plano de Mobilidade Urbana (PlanMob) é um documento que visa promover uma maior qualidade de vida à população ao gerenciar os deslocamentos em áreas urbanas. Abrangendo diversos modos de transporte, seu objetivo é otimizar a eficiência da mobilidade urbana, proporcionando conforto, segurança e rapidez.

Do ponto de vista técnico, o Plano de Mobilidade Urbana consiste na definição de um conjunto de propostas (intervenções, medidas, projetos) estabelecido através do diagnóstico da mobilidade dentro de determinada área urbana. No diagnóstico são analisadas as condições de deslocamento em todos os seus níveis – dentro do Município e deste para as áreas externas a ele –, para todas as pessoas (moradores e visitantes) e utilizando todos os modos disponíveis: automóveis, ônibus, sistemas de média capacidade, trens, motos, bicicletas e a pé (FERIANCIC et al., 2013, p.5).

O processo de elaboração do PlanMob envolve a colaboração entre autoridades municipais, especialistas e a população local. Com a equipe transdisciplinar formada, se realiza o diagnóstico da situação atual, identificando-se as necessidades dos moradores e, com isso, são desenvolvidas diretrizes,

estratégias e ações embasadas nos planos existentes, nos custos e nas definições das fontes de financiamento. Estas devem possuir também indicadores para monitoramento (MACHADO; PICCININI, 2018).

O PlanMob, como documento final, é um produto técnico que auxiliará nas políticas públicas, abrangendo diretrizes, definições e orientações para planos, projetos e ações de curto, médio e longo prazo, relacionadas ao transporte coletivo, transporte individual, modos não motorizados e infraestrutura viária (FERIANCIC et al., 2013).

Após quase 17 anos de tramitação no Congresso Nacional (RUBIM; LEITÃO, 2013), no dia 3 de janeiro de 2012, o Brasil institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) com a promulgação da Lei n.12.587/2012, popularmente conhecida como Lei da Mobilidade Urbana.

Art. 2º A Política Nacional de Mobilidade Urbana tem por objetivo contribuir para o acesso universal à cidade, o fomento e a concretização das condições que contribuam para a efetivação dos princípios, objetivos e diretrizes da política de desenvolvimento urbano, por meio do planejamento e da gestão democrática do Sistema Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012).

A Lei torna obrigatória a elaboração e aprovação do Plano de Mobilidade Urbana para municípios com mais de 20.000 habitantes, integrantes de regiões metropolitanas com população superior a 1.000.000 de habitantes e integrantes de áreas turísticas, devendo este ser integrado e compatível com os planos diretores (BRASIL, 2012).

Em suma, as diretrizes buscam a integração entre o planejamento urbano e os serviços de transporte, promovendo a acessibilidade universal, o desenvolvimento sustentável, a equidade no acesso aos serviços de mobilidade, a eficiência e a segurança, dando prioridade ao incentivo aos deslocamentos por meios de transporte coletivos e não motorizados em detrimento do transporte individual motorizado (BRASIL, 2012).

Dos 1.911 municípios sujeitos a obrigatoriedade da elaboração e aprovação do Plano de Mobilidade Urbana, de acordo com os critérios do § 1º do art. 24 da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), 371 afirmaram o ter elaborado, enquanto 283 declararam o ter aprovado, correspondendo a 19% e 15%, respectivamente, do total de municípios obrigados a elaborar o plano (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2023).

A Política Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU (Lei Federal nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, alterada pelas Leis nº 14.000, 19 de maio de 2020, e nº 14.748, de 5 de dezembro de 2023), estabeleceu um prazo inicial de três anos para elaboração dos planos, mas este prazo tem sido prorrogado repetidamente devido ao baixo índice de cumprimento pelos municípios. Na atualização de 2023, o prazo foi estendido até 12 de abril de 2024 para municípios com mais de 250.000 habitantes e até 12 de abril de 2025 para municípios com até 250.000 (BRASIL, 2012).

2.2 DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

O conceito de Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS), termo adaptado do original em inglês *Transit-Oriented Development (TOD) Standard*, surgiu com a publicação de Peter Calthorpe, em 1993, intitulada "The Next American Metropolis". Visando uma cidade compacta, conectada e coordenada, alinhado aos movimentos de sustentabilidade, o DOTS é uma estratégia de planejamento que busca a integração entre o uso do solo e o transporte (EVERS et al., 2018).

DOTS - Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável - é um modelo de planejamento e desenho urbano voltado ao transporte público, que constrói bairros compactos e de alta densidade, oferece às pessoas diversidade de usos, serviços e espaços públicos seguros e atrativos, favorecendo a interação social (EMBARQ, 2015).

2.2.1 Princípios DOTS

O DOTS é fundamentado em oito princípios, sendo eles: Caminhar; Pedalar; Transporte Público; Mudar; Conectar; Adensar; Misturar; e Compactar (ITDP, 2017a). O documento Padrão de Qualidade DOTS, elaborado pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP, 2017b), apresenta uma metodologia de avaliação para a implementação desses princípios.

Os princípios “caminhar” e “pedalar” são ligados aos meios de transporte ativo, avaliando como o ambiente estimula o uso de calçadas e ciclovias, garantindo segurança e infraestrutura adequadas para pedestres e ciclistas. Esses princípios estão interligados com o princípio “conectar”, que examina a fluidez dos trajetos, priorizando pedestres e ciclistas em relação aos veículos motorizados e

assegurando rotas curtas e diretas para facilitar o acesso a diferentes destinos (ITDP, 2017b).

O acesso rápido e confiável ao transporte coletivo é fundamental para o DOTS, sendo considerado um pré-requisito para alcançar o padrão de qualidade da metodologia. A acessibilidade por caminhada até a estação mais próxima é avaliada pelo princípio do “transporte público” e é considerada uma métrica de cumprimento obrigatório (ITDP, 2017b).

O princípio “misturar” visa promover a diversidade de uso do solo, integrando residências e comércios em uma mesma área. Paralelamente, os princípios “adensar” e “compactar” tem como objetivo o uso eficiente do solo, evitando vazios urbanos e facilitando o acesso a serviço de transporte público e atividades locais. Por fim, o princípio “mudar” visa minimizar o uso de veículos motorizados e promover os modos ativos e coletivos de transporte (ITDP, 2017b).

3 MÉTODO

Neste capítulo, é abordada a base da metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho.

3.1 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas computacionais que automatizam a produção de documentos cartográficos ao integrar dados de diversas fontes em bancos de dados digitais georreferenciados, permitindo análises complexas (CÂMARA et al., 2001). Eles suportam duas classes geométricas: a vetorial, que utiliza pontos, linhas e polígonos; e a matricial, formada por uma malha quadriculada em que cada célula representa uma porção do elemento (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2023).

Portanto, os SIG são fundamentais na aplicação do DOTS, pois permitem o armazenamento, o processamento e a representação gráfica das informações coletadas em campo, possibilitando análises em níveis municipal e regional. Para este trabalho, foi utilizado o software gratuito QGIS para essas finalidades.

3.2 ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA DOTS

Para uma avaliação mais precisa de elementos com condições operacionais intermediárias, típicas de países emergentes como o Brasil, foram utilizados sete critérios DOTS, abordados a seguir. Esses critérios foram adaptados da metodologia original da publicação Padrão de Qualidade DOTS do Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP, 2017b).

3.2.1 Transporte a Pé

Para o transporte a pé, propõe-se a pontuação presente na Tabela 1, conforme a porcentagem de segmentos adequados.

Os requisitos para a avaliação de uma calçada são quatro: extensão contínua por todo o segmento; largura útil maior que 2 m; ausência de defeitos no pavimento; e acessibilidade, com rampas adequadas e sem “degraus”.

Para as travessias, os critérios são: faixas de pedestres devidamente sinalizadas e com larguras acima de 2 m (exceto em cruzamentos de vias locais); rampas de acessibilidade em todas as direções; e ilhas de refúgio centrais em

cruzamentos com mais de 2 pistas de tráfego na mesma direção.

O requisito para os pisos térreos ativos é único e consiste na visibilidade da calçada às atividades internas do edifício através de janelas transparentes que ocupem, no mínimo, 20% da fachada. Em casos de obstruções temporárias nas calçadas ou travessias, não há penalização na pontuação, desde que um desvio seguro seja disponibilizado.

Tabela 1 - Critérios de pontuação do DOTS para o transporte a pé.

% segmentos adequados	Pontos		
	Calçadas	Travessias	Fachadas ativas
100	10	10	10
≥ 90 - 100	6	8	10
≥ 80 - 90	4	6	6
≥ 70 - 80	0	0	6
≥ 50 - 70	0	0	4
< 50	0	0	0

Fonte: Adaptado de ITDP, 2017b.

3.2.2 Transporte por Bicicleta

Para o transporte por bicicleta, propõe-se a pontuação presente na Tabela 2. Os requisitos a serem avaliados dizem respeito à infraestrutura cicloviária condizente com a hierarquia viária: ciclovias em vias arteriais; ciclofaixas para vias coletoras; e tráfego compartilhado para vias locais.

Tabela 2 - Critérios de pontuação do DOTS para o transporte por bicicleta.

% segmentos adequados	Pontos
100	10
≥ 90 - 100	6
≥ 80 - 90	4
< 80	0

Fonte: Adaptado de ITDP, 2017b.

3.2.3 Transporte Coletivo

Para o transporte coletivo, propõe-se a pontuação presente na Tabela 3.

Tabela 3 - Critérios de pontuação do DOTS para o transporte coletivo.

Distância de acesso ao serviço (m)	Pontos
≤ 250	10
250 - 300	8
300 - 350	6
350 - 400	2
> 400	0
% de pontos de ônibus totalmente adequados	Pontos
≥ 80	10
≥ 50 - 80	8
≥ 30 - 50	6
≥ 15 - 30	2
< 15	0

Fonte: Adaptado de ITDP, 2017b.

O requisito de acesso ao serviço avalia a distância de caminhada em rede do edifício mais afastado até o ponto de acesso ao serviço. Para os pontos de ônibus, a qualidade da infraestrutura é determinada por: área de embarque pavimentada (largura mínima de 2,5 m junto à guia e 1,5 m de profundidade); abrigo que acomode os usuários sem obstruir a passagem dos pedestres; informações sobre rotas e horários; guias rebaixadas para cadeirantes; assentos; e segurança com locais visíveis e bem iluminados.

3.2.4 Conexões

Para as conexões, propõe-se a pontuação presente na Tabela 4.

Tabela 4 - Critérios de pontuação do DOTS para conexões.

Limite de comprimento para todas as quadras (m)	Pontos
110	10
130	6
150	4
> 150	0

Fonte: Adaptado de ITDP, 2017b.

Tabela 4 - Critérios de pontuação do DOTS para conexões (continuação).

% de interseções de 4 vias	Pontos
≥ 90	10
≥ 70 - 90	6
≥ 50 - 70	4
< 50	0

Fonte: Adaptado de ITDP, 2017b.

3.2.5 Diversidade de uso

Para a diversidade de uso, propõe-se a pontuação presente na Tabela 5.

Tabela 5 - Critérios de pontuação do DOTS para diversidade de uso.

% da área útil ocupada pelo uso predominante	Pontos
≤ 50	10
> 50 - 70	8
≥ 70 - 80	6
≥ 80 - 90	2
≥ 90	0

Fonte: Adaptado de ITDP, 2017b.

O critério diversidade de usos avalia a presença de residências e comércios na mesma quadra ou em quadras adjacentes, possibilitando a realização de viagens diárias a pé.

3.2.6 Densidade Populacional

Para a densidade populacional, propõe-se a pontuação presente na Tabela 6.

Tabela 6 - Critérios de pontuação do DOTS para densidade populacional.

Densidade populacional (habitantes/ha)	Pontos
> 250	10
200 - 250	8
150 - 200	6
100 - 150	4
50 - 100	2
< 50	0

Fonte: Adaptado de ITDP, 2017b.

O critério da densidade populacional avalia o número de habitantes por hectare, tendo em vista que bairros mais densos são mais atraentes pela diversidade de uso e maior segurança.

3.2.7 Infraestrutura Viária

Para a infraestrutura viária, propõe-se a pontuação presente na Tabela 7.

Tabela 7 - Critérios de pontuação do DOTS para infraestrutura viária.

% dos segmentos com guias rebaixadas para acesso de veículos	Pontos
0	10
> 0 - 50	6
> 50 - 75	4
> 75	0
% da área total ocupada pelo sistema viário	Pontos
< 15	10
≥ 15 - 20	4
> 20	0

Fonte: Adaptado de ITDP, 2017b.

O critério das guias rebaixadas avalia a porcentagem dos segmentos com acesso de veículos motorizados que violam a condição protegida das calçadas. Para o cálculo da área total ocupada pelo sistema viário, são incluídas as pistas de rolamento e áreas de estacionamento fora da via.

3.2.8 Definição dos pesos dos critérios

Para transformar a informação qualitativa em dado quantitativo, considerando a importância relativa entre os critérios avaliados para se obter o peso referente a cada um desses, foi utilizado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

O método se inicia com a criação de uma matriz de comparação da importância entre os critérios, no formato x_{ij} , onde i e j se referem, respectivamente, à linha e à coluna (SAATY, 1991). Neste estudo, foram adotados os valores de importância relativa propostos por Guerreiro (2023), apresentados na Tabela 9, com base na escala de importância de Furtado e Kawamoto (2002), conforme Tabela 8.

Para estabelecer uma escala comum, somam-se os valores de cada coluna j

para montar a matriz T, conforme Equações (1) e (2). Em seguida, cada célula é dividida pelo somatório de sua coluna (VARGAS, 2010), gerando os valores normalizados apresentados na Tabela 10.

$$T_j = \sum_{i=1}^n W_{ij} \quad (1)$$

$$T = [T_1 \quad \dots \quad T_n] \quad (2)$$

Em que:

W_{ij} : importância relativa do parâmetro da linha i com relação ao parâmetro da coluna j ;

T_j : somatório dos valores atribuídos às células da coluna j ;

T : matriz dos totais em cada coluna; e

n : número de parâmetros envolvidos na avaliação.

O peso de importância (P_i) de cada critério é calculado pela média aritmética de cada linha da nova matriz, formando a matriz P, conforme as Equações (3) e (4) (VARGAS, 2010). Na coluna à direita da Tabela 10, estão apresentados os pesos dos critérios do DOTS, dispostos em suas respectivas linhas.

$$P_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad (3)$$

$$P = [P_1 \quad \dots \quad P_n] \quad (4)$$

Em que:

w_{ij} : importância relativa normalizada do parâmetro da linha i com relação ao parâmetro da coluna j ;

P_i : somatório dos valores normalizados das células da linha i (pesos);

P : matriz dos pesos; e

n : número de parâmetros envolvidos na avaliação.

Por fim, deve-se calcular a razão de consistência (CR) conforme a Equação 5, aceitando os pesos previamente calculados para os parâmetros quando $CR < 0,10$. Os índices de consistência da matriz de julgamento (CI) são obtidos a partir do autovalor da matriz ($\lambda_{\text{máx}}$) e do número de parâmetros (n), conforme as Equações

(6) e (7). O valor da consistência aleatória (RI) é tabelado, conforme a Tabela 11 (SAATY, 1991).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = T \times P = [T_1 \dots T_n] \times [P_1 \dots P_n] \quad (6)$$

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n-1} \quad (7)$$

Com um RI tabelado de 1,32 ($n = 7$ critérios DOTS), a matriz da presente pesquisa apresenta $\lambda_{m\acute{a}x} = 7,53$, $CI = 0,09$ e $CR = 0,067$, indicando consistência dos pesos adotados para cada critério.

Tabela 8 - Escala de julgamento.

Escala numérica	Escala Conceitual
1	Igual importância
3	Fraca importância
5	Forte importância
7	Muito forte importância
9	Absoluta importância
2, 4, 6, 8	Valores intermediários

Fonte: Adaptado de Furtado e Kawamoto (2002).

Tabela 9 - Importâncias relativas adotadas para os princípios do DOTS.

Critério	A pé	Bicicleta	Coletivo	Conexão	Uso do solo	Densidade	Infraestrutura
A pé	1,00	2,00	2,00	1/5	1/7	1/3	0,50
Bicicleta	0,50	1,00	1/3	1/5	1/7	1/3	0,50
Coletivo	0,50	3,00	1,00	1/3	1/3	1/3	2,00
Conexões	5,00	5,00	3,00	1,00	1/2	2,00	2,00
Diversidade	7,00	7,00	3,00	2,00	1,00	2,00	2,00
Densidade	3,00	3,00	3,00	0,50	0,50	1,00	2,00
Infraestrutura	2,00	2,00	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00
Tj	19,00	23,00	12,83	4,73	3,12	6,50	10,00

Fonte: GUERREIRO, 2023.

Tabela 10 - Valores normalizados para importâncias relativas entre princípios do DOTS.

Critério	A pé	Bicicleta	Coletivo	Conexão	Uso do solo	Densidade	Infraestrutura	Pi
A pé	0,053	0,087	0,156	0,042	0,046	0,051	0,050	0,069
Bicicleta	0,026	0,043	0,026	0,042	0,046	0,051	0,050	0,041
Coletivo	0,026	0,130	0,078	0,070	0,107	0,051	0,200	0,095
Conexões	0,263	0,217	0,234	0,211	0,160	0,308	0,200	0,228
Diversidade	0,368	0,304	0,234	0,423	0,321	0,308	0,200	0,308
Densidade	0,158	0,130	0,234	0,106	0,160	0,154	0,200	0,163
Infraestrutura	0,105	0,087	0,039	0,106	0,160	0,077	0,100	0,096

Fonte: GUERREIRO, 2023.

Tabela 11 - Índices de consistência aleatória.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48

Fonte: Adaptado de Saaty (1991).

3.2.9 Padrão DOTS

A pontuação final ponderada e proporcionalizada do DOTS é calculada conforme a Equação 8 e associada com o padrão DOTS apresentado na Tabela 12.

$$Pontuação_{DOTS} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \times Pontos_i \right) \times 100}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (8)$$

Tabela 12 - Padrão DOTS.

Padrão DOTS	Pontuação
Muito bom	81 - 100
Bom	61 - 80
Regular	41 - 60
Ruim	21 - 40
Muito ruim	0 - 20

Fonte: Adaptado de GUERREIRO, 2023.

3.3 AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DAS NOTAS DOS SETORES CENSITÁRIOS

A autocorrelação espacial das notas DOTS dos setores censitários pode ser analisada utilizando-se os Índices de Moran Global e Local, com o suporte do software GeoDa, que está disponível para download gratuito.

A análise do Índice de Moran Global, Equação 9, detecta padrões na distribuição de uma variável espacialmente, indicando se áreas próximas têm valores similares (positivos), diferentes (negativos), ou aleatórios (próximos de zero) (MORAN, 1947). Já o Índice de Moran Local, Equação 10, foca em padrões mais específicos, como *clusters* de valores similares (positivos), padrões de mistura de altos e baixos valores (negativos) ou ausência de um padrão claro (próximos de zero) (ANSELIN, 1995).

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \times (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (9)$$

$$LISA_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{m} \times \sum_{j=1}^n w_{ij} \times (x_j - \bar{x}) \quad (10)$$

Em que:

I = Índice de Moran Global

$LISA_i$ = Índice de Moran Local da zona i

n = número de unidades de análise

w_{ij} = peso de interação entre as unidades vizinhas (1 para zonas contíguas e

0 caso contrário).

x_i e x_j = valores da variável de análise x para as zonas i e j

\bar{x} = valor médio de x

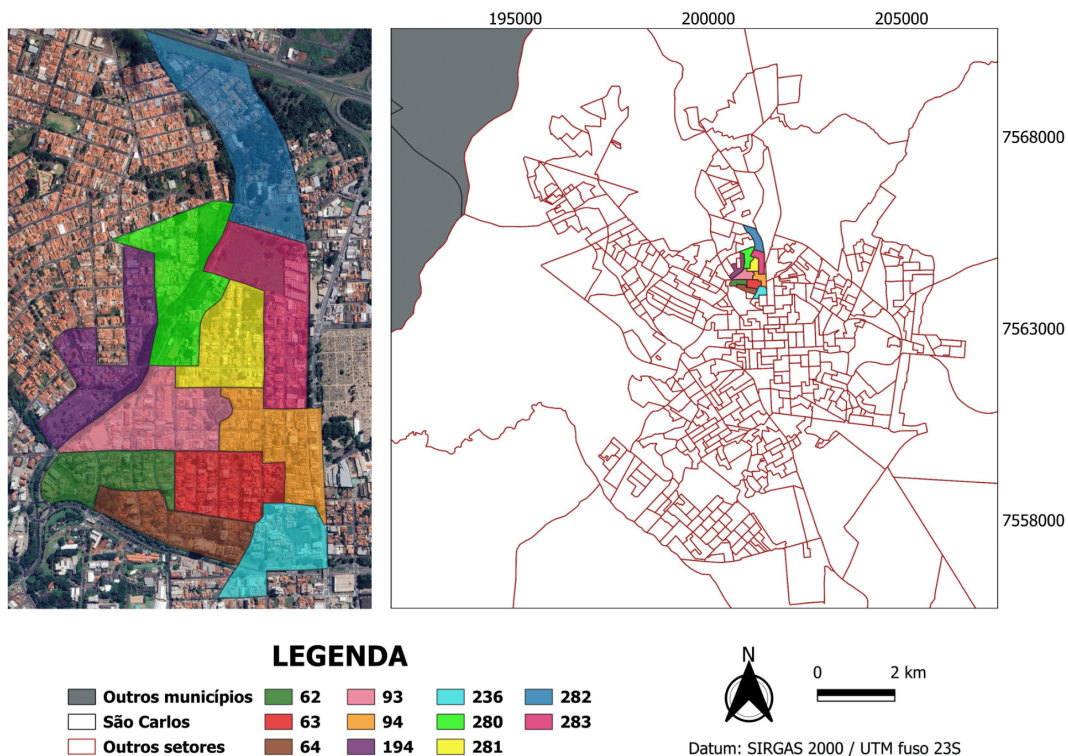
m = variância de x

3.4 ESTUDO DE CASO: BAIRRO CIDADE JARDIM

O município de São Carlos está situado no interior do Estado de São Paulo, Brasil, e tem uma população de aproximadamente 255.000 habitantes (IBGE, 2022b). A área delimitada para estudo é o Bairro Cidade Jardim, predominantemente residencial, que abrange onze setores censitários. A distribuição dessas áreas e suas populações estão ilustradas na Figura 4 e detalhadas na Tabela 13, respectivamente. Para simplificação de representação,

cada setor é identificado pelos últimos dígitos de seu código IBGE.

Figura 4 - Localização dos setores selecionados para estudo.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 13 - Setores de estudo.

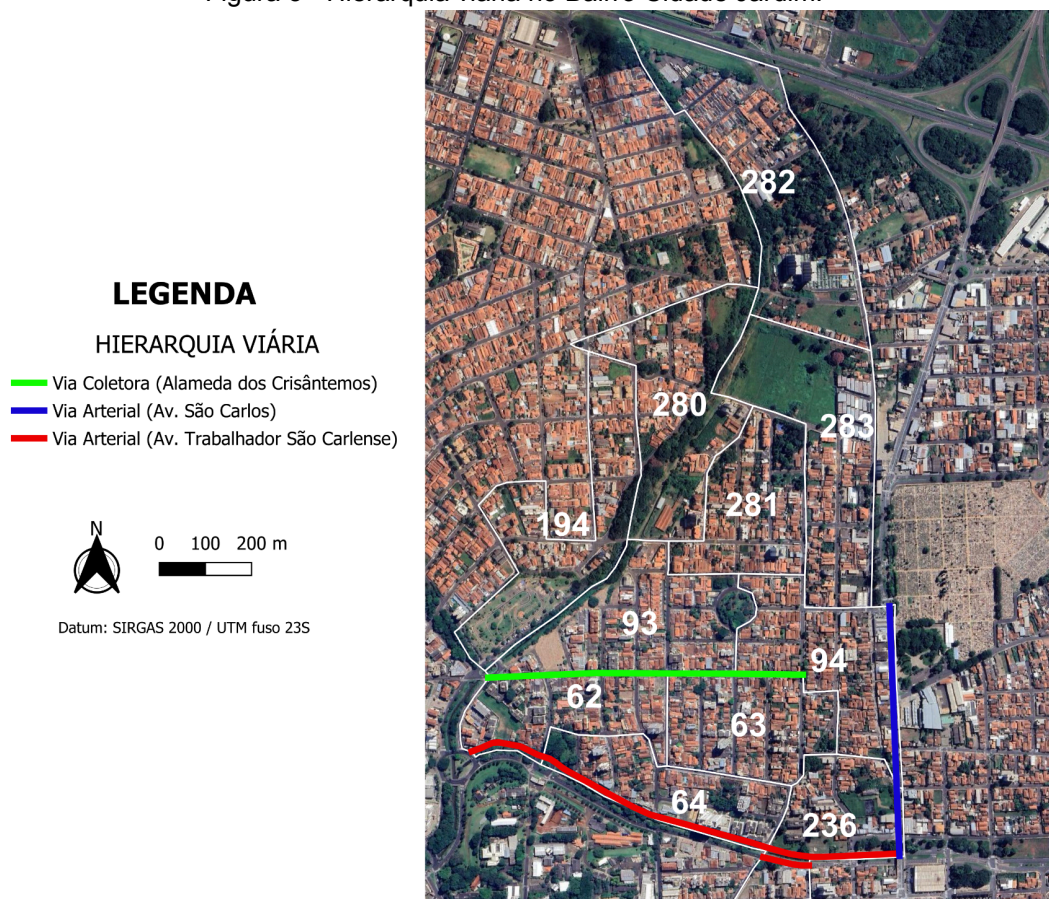
Setor	Área (ha)	População (hab)
354890605000062	6,63	554
354890605000063	7,60	695
354890605000064	6,80	197
354890605000093	10,03	585
354890605000094	8,60	423
354890605000194	10,33	346
354890605000236	6,78	195
354890605000280	11,02	475
354890605000281	7,48	389
354890605000282	14,69	528
354890605000283	11,76	361

Fonte: Adaptado de IBGE (2022a).

Com origem em 1954, o bairro está localizado próximo ao Campus 1 da Universidade de São Paulo (USP) e é majoritariamente de uso residencial. Nesse mesmo ano, foi iniciada a construção do primeiro edifício da faculdade, que teve sua

primeira utilização realizada em 1956 (USP, 2024). Em termos de hierarquia viária, o bairro conta com a via coletora Alameda dos Crisântemos e inclui trechos das vias arteriais Avenida São Carlos e Avenida Trabalhador São Carlense, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Hierarquia viária no Bairro Cidade Jardim.



Fonte: Elaboração própria.

Em cada setor, foi realizado o levantamento de campo, como ilustrado na Figura 6. Utilizando-se planilhas pré definidas, foram levantadas informações que permitiram avaliar os critérios DOTS já detalhados no método da pesquisa.

Figura 6 - Exemplos de registros fotográficos dos levantamentos.



Fonte: Elaboração própria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 14 compila as notas DOTS, para cada setor, atribuídas em função dos correspondentes parâmetros levantados em campo.

Tabela 14 - Pontos atribuídos a cada critério do DOTS nos setores estudados.

Critério	Setor censitário											
	62	63	64	93	94	194	236	280	281	282	283	
Transporte a pé	Calçadas	4	4	4	0	0	4	4	0	4	0	4
	Travessias completas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fachadas ativas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transporte por bicicleta	Condições de circulação	0	4	4	4	0	10	0	10	10	10	10
Transporte coletivo	Distância de acesso	8	8	0	8	10	6	0	0	0	0	0
	Condições dos pontos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conexões	Tamanho das quadras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Grau de conectividade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Diversidade de uso	Uso misto do solo	2	0	2	2	6	2	8	0	0	2	8
Densidade populacional	Adensamento	2	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0
Infraestrutura viária	Guias rebaixadas	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Área das vias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaboração própria.

No critério Transporte a Pé, os setores receberam majoritariamente a pontuação 4 para Calçadas, sugerindo uma uniformidade na qualidade dessas. Contudo, a acessibilidade mostrou-se amplamente crítica em todos os setores. Destacam-se o Setor 280, que apresenta uma declividade acentuada próximo ao córrego do Monjolinho; e o Setor 282, cujas calçadas são repletas de degraus, comprometendo negativamente a avaliação. Além disso, notou-se a ausência de

calçadas em determinados trechos, como no Setor 93; e calçadas estreitas, como no Setor 94. Todos esses problemas são ilustrados na Figura 7.

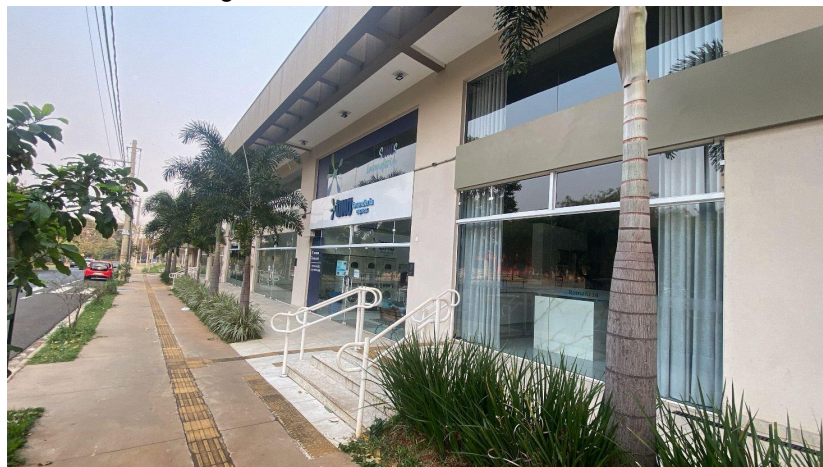
Figura 7 - Calçadas nos Setores 280, 282, 93 e 94, respectivamente.



Fonte: Elaboração própria.

Para as Travessias, todos os setores receberam 0 pontos. Essa avaliação negativa deve-se principalmente à falta de rampas de acesso em todo o Bairro Cidade Jardim, considerando que as faixas de pedestres são obrigatórias apenas em interseções com vias coletoras e as ruas da área de estudo são, em sua maioria, vias locais. No que diz respeito às Fachadas Ativas, algumas foram observadas de forma pontual em determinados setores, como na área comercial do edifício Condomínio Residencial Next, no Setor 64 (Figura 8), mas a quantidade encontrada foi insuficiente para justificar uma nota positiva.

Figura 8 - Fachada Ativa no Setor 64.



Fonte: Elaboração própria.

No critério Transporte por Bicicleta, os Setores 194, 280, 281, 282 e 283 receberam a pontuação máxima de 10 pontos, sugerindo boas condições para a circulação de bicicletas devido à presença de vias locais. Em contraste, os demais setores possuem trechos de via coletora (a Alameda dos Crisântemos) e/ou de vias arteriais (como a Avenida São Carlos e a Avenida Trabalhador São Carlense). Com exceção de um breve trecho do Setor 64 (conforme mostrado na Figura 9), essas vias não contam com ciclofaixas ou ciclovias. As notas 4 atribuídas a alguns desses setores sugerem condições adequadas, mas não ideais.

Figura 9 - Ciclovía no Setor 64.



Fonte: Elaboração própria.

No critério Transporte Coletivo, o Setor 94 teve a menor distância de acesso, de aproximadamente 215 m, e obteve a pontuação máxima de 10. Em contraste, o Setor 64 apresentou a maior distância, cerca de 620 m, e recebeu a pontuação mínima de 0. Além disso, os Setores 280, 282 e 283 não possuem ponto de ônibus. Em todos os casos, as condições dos pontos foram consideradas inadequadas, resultando em uma pontuação unânime de 0 para todos os Setores.

No critério Conexões, as pontuações sugerem uma baixa conectividade para todo o Bairro Cidade Jardim. Apenas o Setor 283 recebeu a nota 4, devido ao seu grau de conectividade viária que inclui uma interseção em forma de “cruz”. O Setor 281 também apresenta uma configuração semelhante, no entanto, por ter 3 conexões, sua porcentagem de conectividade é de 33,33%, o que não foi suficiente para receber pontuação. As interseções de 4 vias desses setores estão ilustradas na Figura 10.

Figura 10 - Grau de Conectividade do Setor 281 e 283.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2024.

No critério Diversidade de Uso, os Setores 283 e 236, situados próximos à Avenida São Carlos, apresentaram um desempenho positivo. O Setor 283, com cerca de 64% de uso residencial, inclui uma área significativa dedicada a um Condomínio Comercial e possui comércios concentrados nas proximidades da Avenida das Gardêneas (conforme mostrado na Figura 11). O Setor 236, que possui concentrações comerciais perto da Avenida Trabalhador São Carlense (Figura 12) e em sua área interna, tem aproximadamente 67% de uso residencial. Em contraste, o Setor 281 apresentou uma baixa diversidade de uso, com aproximadamente 98% de sua área útil ocupada por uso residencial.

Figura 11 - Área Comercial do Setor 283.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 12 - Área Comercial do Setor 236.



Fonte: Elaboração própria.

No critério Densidade Populacional, que varia 28,76 a 91,45 habitantes por hectare, as baixas pontuações, de 0 a 2, sugerem um baixo adensamento do Bairro Cidade Jardim. Essa condição pode ser atribuída ao elevado índice de vazios presentes em toda área do bairro.

Por último, no critério Infraestrutura Viária, todos os setores receberam 6 pontos, indicando uniformidade desse critério em todas as áreas analisadas.

A Tabela 15 apresenta a nota DOTS final de cada setor analisado. A Figura 13, por sua vez, apresenta um mapa graduado referente a essas notas, onde as áreas mais escuras indicam maiores notas. Com o padrão DOTS variando de Muito Ruim a Ruim, a pontuação DOTS final sugere que o Bairro Cidade Jardim não foi planejado com diretrizes sustentáveis.

A Tabela 16 apresenta o Índice de Moran Global calculado pelo software GeoDa para cada critério DOTS individual e para a nota final. Os valores dessa Tabela sugerem que, para uma análise univariada, apenas o critério bicicleta apresenta uma autocorrelação espacial moderada e positiva ($I=0,445$), o que significa dizer que setores censitários com altas pontuações nesse critério estão próximos de outros setores também com altas pontuações, assim como setores censitários com baixas pontuações são adjacentes a setores com essa mesma característica. Além disso, o índice sugere que o critério infraestrutura não apresenta nenhum padrão espacial ($I=0,000$). Todos os demais critérios avaliados e

a nota final DOTS sinalizam para uma fraca autocorrelação espacial entre os setores, seja ela positiva para o caso do transporte coletivo, da densidade populacional e da infraestrutura; ou negativa, como para o transporte a pé, conexões, diversidade de uso do solo e a própria avaliação final.

Tabela 15 - Padrão DOTS de cada setor estudado.

Setor	Pontuação DOTS Final	Padrão DOTS
62	16,41	Muito Ruim
63	13,50	Muito Ruim
64	10,49	Muito Ruim
93	15,68	Muito Ruim
94	21,67	Ruim
194	15,71	Muito Ruim
236	21,32	Ruim
280	6,33	Muito Ruim
281	10,2	Muito Ruim
282	10,28	Muito Ruim
283	29,79	Ruim

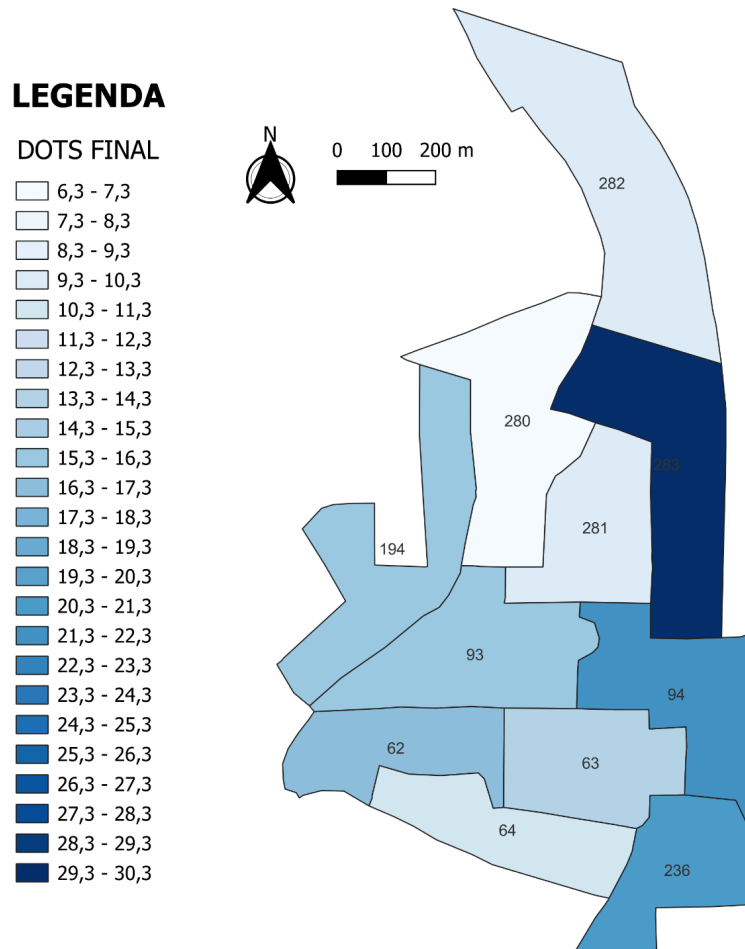
Fonte: Elaboração própria.

Tabela 16 - Índice de Moran Global.

Critério	I
1. A pé	-0,151
2. Bicicleta	0,445
3. Coletivo	0,122
4. Conexões	-0,115
5. Diversidade	-0,075
6. Densidade	0,061
7. Infraestrutura	0,000
8. DOTS Final	-0,190

Fonte: Elaboração própria.

Figura 13 - Mapa graduado referente às notas DOTS finais.

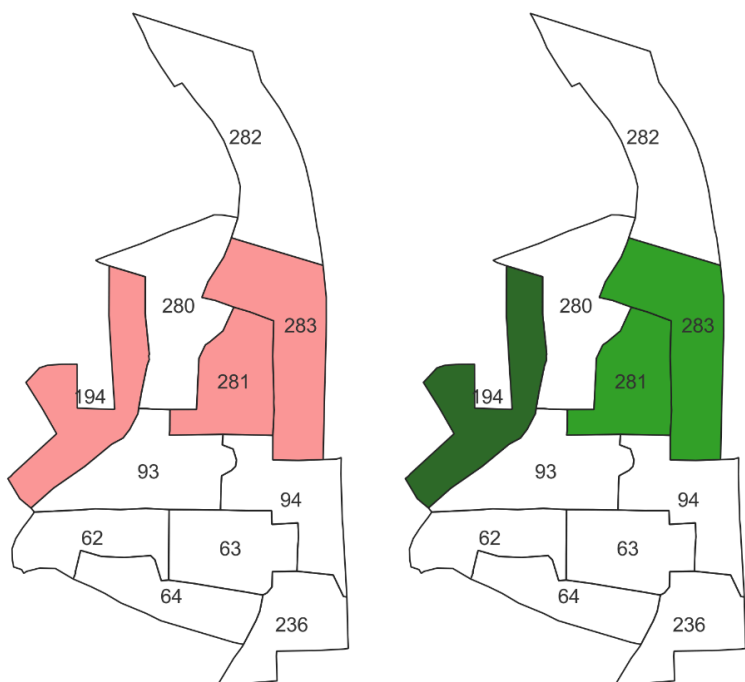


Fonte: Elaboração própria.

Apesar de não terem sido identificados padrões espaciais de forma global, indicadores locais de associação espacial foram verificados, para cada critério, na área de estudo, conforme as Figuras 14 a 17. Nessas Figuras, *clusters* Alto-Alto significam setores censitários com uma alta pontuação referente a um determinado critério DOTS (ou padrão final) contíguos a outros setores com essas mesmas características; e *clusters* Baixo-Baixo seguem esse mesmo raciocínio para setores censitários com baixa pontuação. Já *outliers* Alto-Baixo referem-se a setores censitários com pontuações altas, porém adjacentes a setores com correspondentes pontuações baixas. Novamente, um raciocínio análogo pode ser aplicado a *outliers* Baixo-Alto.

Figura 14 - Autocorrelação Espacial do Critério 1 e 2.

1. TRANSPORTE A PÉ

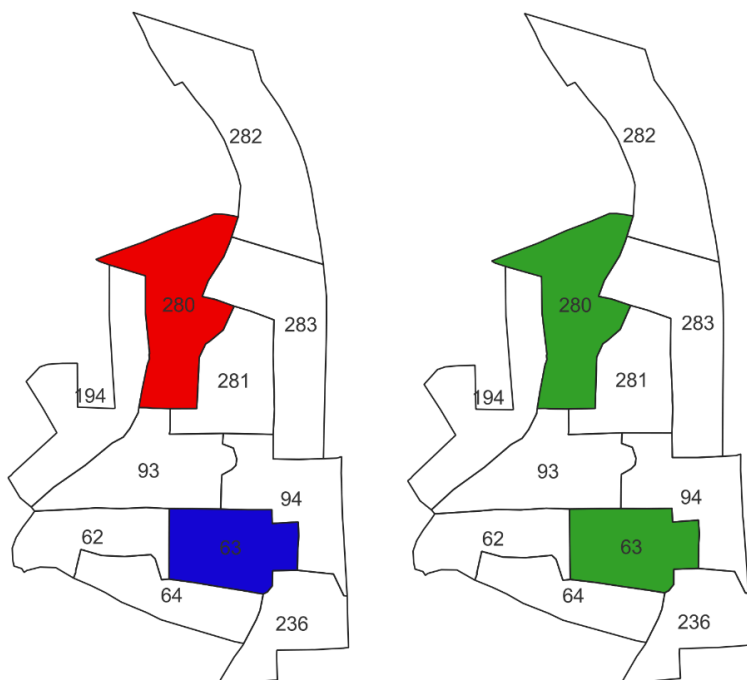


LEGENDA

Clusters LISA

- Não significativa
- Alto-Alto
- Baixo-Baixo
- Baixo-Alto
- Alto-Baixo

2. TRANSPORTE POR BICICLETA



Significância LISA

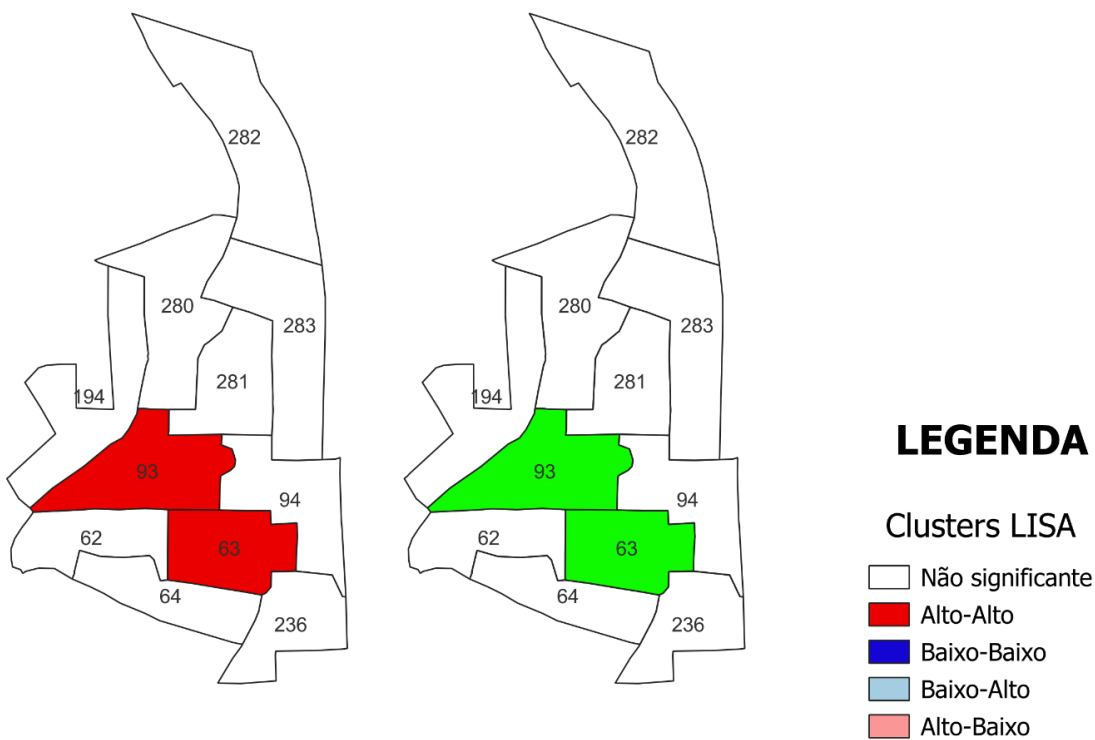
- Não significativa
- p=0,05
- p=0,01
- p=0,001



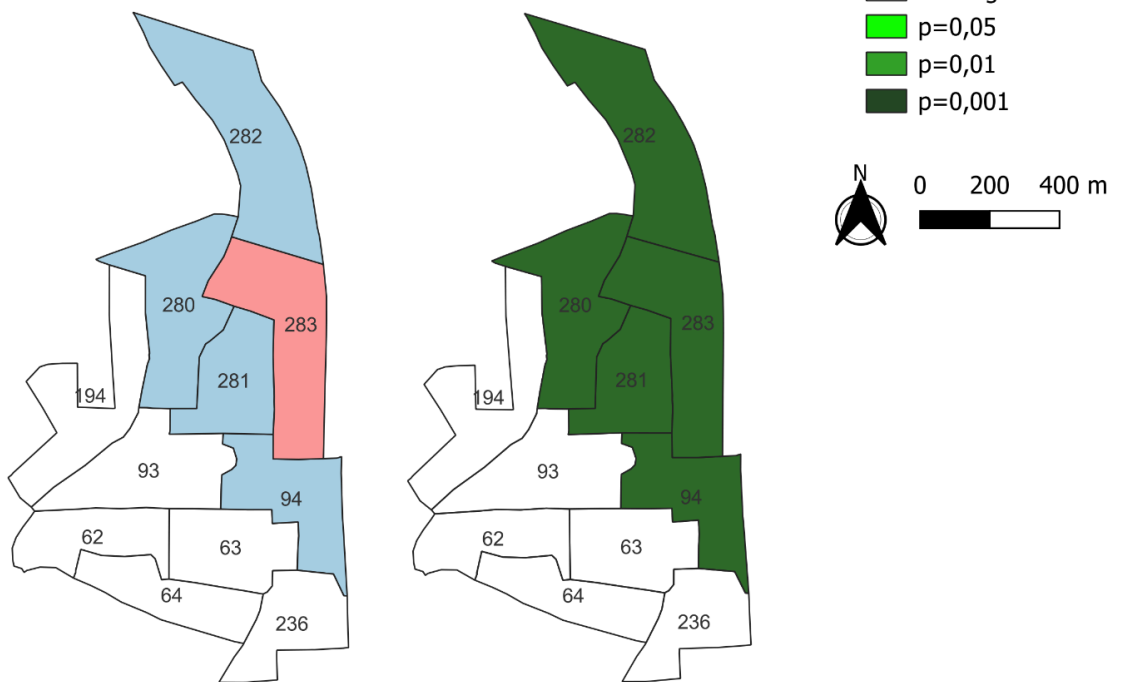
Fonte: Elaboração própria.

Figura 15 - Autocorrelação Espacial do Critério 3 e 4.

3. TRANSPORTE COLETIVO



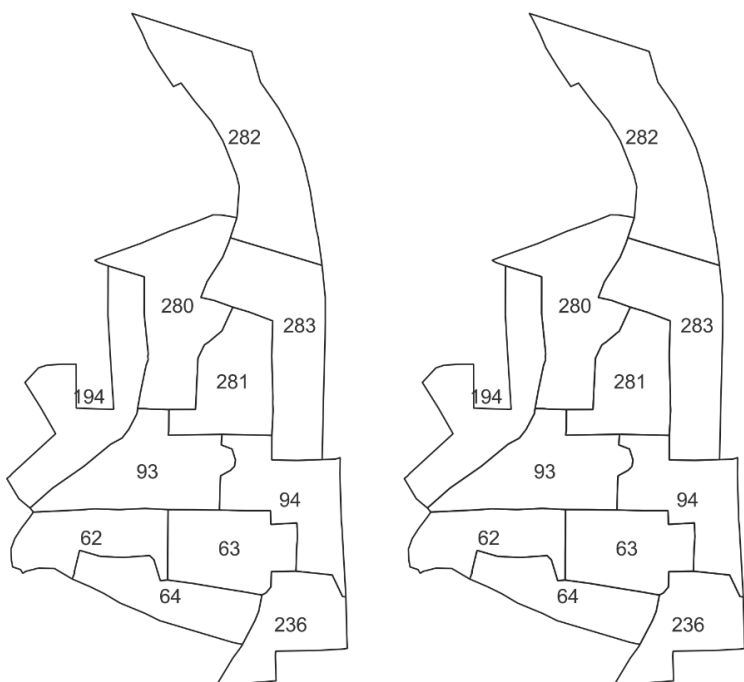
4. CONEXÕES



Fonte: Elaboração própria.

Figura 16 - Autocorrelação Espacial do Critério 5 e 6.

5. DIVERSIDADE DE USO

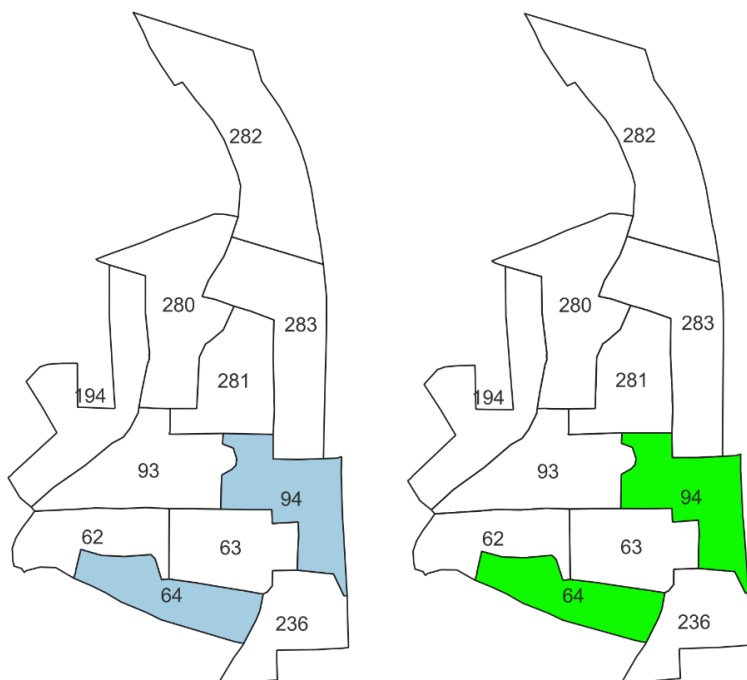


LEGENDA

Clusters LISA

- Não significativa
- Alto-Alto
- Baixo-Baixo
- Baixo-Alto
- Alto-Baixo

6. DENSIDADE POPULACIONAL



Significância LISA

- Não significativa
- p=0,05
- p=0,01
- p=0,001



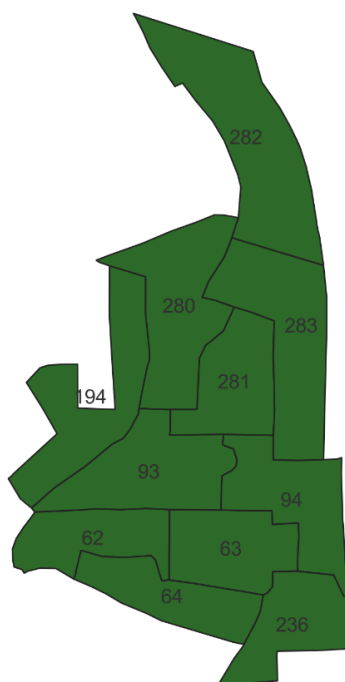
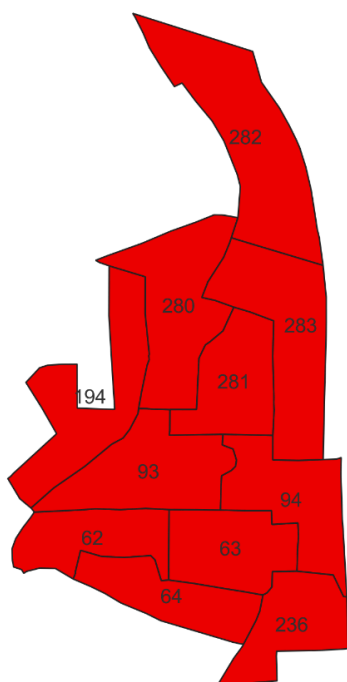
0 200 400 m



Fonte: Elaboração própria.

Figura 17 - Autocorrelação Espacial do Critério 7 e 8.

7. INFRAESTRUTURA VIÁRIA



LEGENDA

Clusters LISA

- Não significativa
- Alto-Alto
- Baixo-Baixo
- Baixo-Alto
- Alto-Baixo

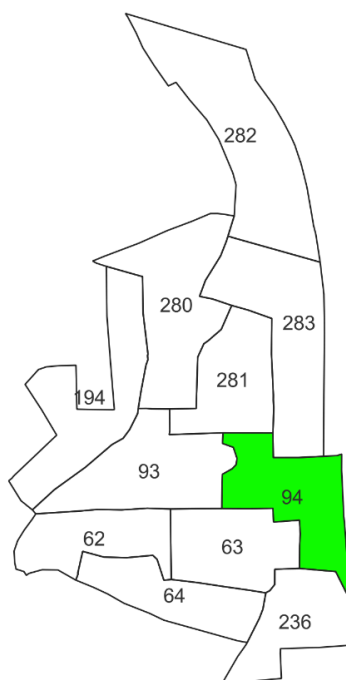
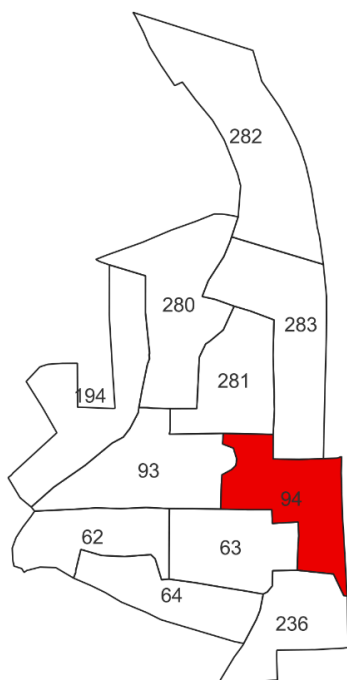
Significância LISA

- Não significativa
- $p=0,05$
- $p=0,01$
- $p=0,001$



0 200 400 m

8. DOTS FINAL



Fonte: Elaboração própria.

Os resultados do Transporte a Pé sugerem que os setores centrais do Bairro Cidade Jardim (Setores 93, 94 e 280), bem como o Setor mais recente (282), obtêm notas baixas nesse aspecto. Em contraste, os primeiros setores localizados no extremo sul (Setores 62, 63, 64 e 236), que estão rodeados por vias coletoras, apresentam condições mais favoráveis para o Transporte a Pé.

No critério Transporte por Bicicleta, destaca-se que os setores situados no extremo sul do Bairro Cidade Jardim, que incluem trechos de vias coletoras, possuem condições inadequadas para o uso de bicicletas. Em contraste, os setores localizados no extremo norte, compostos exclusivamente por vias locais, oferecem condições adequadas para esse meio de transporte.

Com relação ao Transporte Coletivo, os resultados sugerem que setores situados ao longo da via coletora Alameda dos Crisântemos, com a exceção do Setor 194 - que está localizado a oeste do Bairro Cidade Jardim, mas bastante próximo -, apresentam condições mais favoráveis para o transporte coletivo.

Os resultados das Conexões podem estar associados a uma limitação do trabalho decorrente da divisão feita pelo IBGE com relação aos setores censitários. Isso significa que, ao englobar poucos quarteirões, os setores em questão possuem poucas conexões em “cruz”, prejudicando a sua nota DOTS com relação a esse critério e, por conseguinte, influenciando na estatística espacial. A exceção à regra é o setor 283, caracterizado como um outlier (Alto-Baixo), que possui uma de suas duas interseções com 4 aproximações.

A análise da Diversidade de Uso não revelou um padrão espacial claro. Essa ausência de padrão pode ser atribuída ao fato de o bairro ser predominantemente residencial, com apenas alguns comércios dispersos em quadras específicas.

Os resultados da Densidade Populacional sugerem que os Setores que têm sua maior face voltada para as principais vias arteriais (Avenida São Carlos e Avenida Trabalhador São Carlense) apresentam uma menor densidade populacional. Esse baixo adensamento pode ser atribuído à presença de vazios urbanos no Setor 64 e ao uso comercial no Setor 94, que obteve uma pontuação de 6 para esse critério. Em contraste, os setores que alcançaram a pontuação mais alta (4 pontos) são aqueles adjacentes à via coletora Alameda dos Crisântemos (Setores 92, 62 e 63) e o Setor com maior porcentagem de uso residencial, o Setor 281. Esses estão localizados de forma contígua aos Setores 64 e 94.

No que diz respeito à infraestrutura viária, todos os setores obtiveram a mesma pontuação. No item Guias Rebaixadas (6 pontos), sugere-se uma uniformidade na presença desse recurso em todas as áreas. Já no item Área das Vias (0 pontos), todos os setores dedicam mais de 20% da área útil ao sistema viário.

Os resultados do DOTS final sugerem que os Padrões DOTS mais altos estão localizados a sudeste do Bairro Cidade Jardim. Destaca-se o Setor 94, com 21,67 pontos, e, na sua face norte, o Setor 283, que obteve a maior pontuação final de 29,79. Na face inferior do Setor 94, encontra-se o Setor 236, com 21,32 pontos. Esses foram os únicos setores a obter notas superiores a 20, sendo classificados como Padrão Ruim.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou aplicar a metodologia DOTS para estimar as condições atuais do transporte sustentável em um bairro de São Carlos-SP, uma cidade brasileira de porte médio, e verificar a existência de autocorrelação espacial desses indicadores entre os setores censitários que o compõem, conforme definido pelo IBGE. Por meio de visitas de campo e da ponderação dos critérios, além de uma análise detalhada da estatística espacial, pôde-se verificar se os setores analisados possuem uma autocorrelação espacial entre os critérios DOTS individuais e a nota final. Os resultados sugerem padrões DOTS Muito Ruins a Ruins para os setores estudados; e, apesar de alguns indicadores espaciais terem sido identificados, não foi constatada uma autocorrelação espacial forte entre os setores para nenhum critério, exceto para o uso de bicicleta.

Dentre as principais limitações do trabalho, destacam-se as simplificações metodológicas com relação ao critério DOTS original, bem como da divisão das unidades de análise; nesse último caso, sendo utilizados os setores censitários do IBGE. Além disso, neste trabalho, não foram endereçadas possíveis mudanças ou melhorias no Bairro Cidade Jardim visando aumentar o padrão final DOTS de cada setor. No entanto, a título de ilustração, algumas medidas razoáveis poderiam ser tomadas a curto prazo para tentar melhorar o padrão DOTS da região de estudo, tais como: melhorar a acessibilidade e a segurança de pedestres, provendo travessias completas (com faixas de pedestre e rampas para cadeirantes); provisão de infraestruturas cicloviárias com grau de segregação do transporte motorizado condizente com a hierarquia viária; melhoria das condições dos pontos de ônibus, provendo assentos adequados, proteção contra o sol/chuva, mapas com rotas de horários, etc.

No que se refere a trabalhos futuros, sugere-se a utilização de outras unidades de análises, alheias aos setores censitários, para estimar o padrão DOTS. Essas unidades poderiam ser, por exemplo, as próprias zonas de tráfego previstas no Plano de Mobilidade Urbana de São Carlos (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS, 2023), ou as próprias áreas de serviço delimitadas a partir dos pontos de ônibus. Sugere-se também a condução de análises bivariadas para a identificação de indicadores locais de associação espacial, visando entender como um determinado critério avaliado em um setor se relaciona com outro critério avaliado

nos setores vizinhos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. G. DE; RESENDE, L. DE. Meios de Transportes: Um lance de olhos para o passado. **Intercursos Revista Científica**. v.10, n.1, 2011.

ANSELIN, L. Local Indicators of spatial Association - LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

ANTP. **Relatório geral 2018**. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transporte Público. São Paulo: ANTP, 2020.

ARAUJO, M. R. M. DE et al. Transporte público: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. **Psicologia & Sociedade**. v.23, n.3, p. 574-582, 2011.

BARROS A. P. B. G.; MARTÍNEZ L. M.; VIEGAS J. M. A caminhabilidade sob a ótica das pessoas: o que promove e o que inibe um deslocamento a pé? In: PLURIS, 6. 2014, Lisboa. **Anais**. Lisboa: Pluris, 2015. p. 94 - 103.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Centro de Estudos e Debates Estratégicos. O desafio da mobilidade urbana. **Estudos Estratégicos**, n.7, Brasília, DF, 2015.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 jan. 2012. Seção 1, p. 1.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos. INPE, 2001.

CARVALHO, C. H. R.; PEREIRA, R. H. M. **Gastos das famílias brasileiras com transporte urbano público e privado no Brasil**: uma análise da POF 2003 e 2009. Texto para Discussão, n. 1803. Brasília: Ipea, 2012.

CARVALHO, C. H. R. **Mobilidade Urbana Sustentável**: conceitos, tendências e reflexões. Texto para discussão, n.2194. Brasília: Ipea, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). **Senado aprova novo prazo para Municípios elaborarem planos de mobilidade urbana; CNM expõe desafios**. 16 nov. 2023. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/senado-aprova-novo-prazo-para-municipios-elaborarem-planos-de-mobilidade-urbana-cnm-expoe-desafios>. Acesso em: 17 jan. 2024.

EMBARQ. **Dots Cidades: Manual de desenvolvimento urbano orientado ao transporte sustentável**. 2. ed. 2015. 134 p. Disponível em: https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/BibliotecaDigital/BibDigitalLivros/TodosOsLivros/DOTS_Cidades--Manual_de_Desenvolvimento_Urbano_Orientado_ao_Transporte_Sustentavel.pdf. Acesso em: 20 jan. 2023.

EVERS, H., AZEREVEDO, L., BETTI, L. P., FERNANDES, C. S., RODRIGUES, G. P. e MONTANDON, D. T. **DOTS nos Planos Diretores**: Guia para inclusão do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável no Planejamento Urbano. 1. ed. World Resources Institute-WRI, 2018.

FERIANCIC, G.; MURACHCO, K.; FERIANCIC, S.; MATHEUS, R.; MARTINS, I. A. Plano de Mobilidade Urbana: o novo instrumento de gestão pública. In: Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. 19º., 2013, Brasília. **Anais [...]**. ANTP, p.1-9.

FERRAZ, A. C. P. et al. **Transporte Público Coletivo Urbano**. São Carlos: RiMa Editorial, 2023. 472 p. Disponível em: <https://editorarima.com.br/wp-content/uploads/2023/11/Transporte-Publico-Coletivo-Urbano.pdf>. Acesso: 16 set. 2024.

Furtado, N.; Kawamoto, E. **Avaliação de Projetos de Transporte**. 1. ed. São Carlos: EESC/USP, 2002.

GUERREIRO, T. C. M. **Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS)**. Notas de Aula de Disciplina de Planejamento de Transporte. São Carlos: UFSCar, 2023.

IBGE. **Censo Demográfico Nacional 2022 [Data set]**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, Brasil, 2022a. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/downloads.html?localidade=BR>. Acesso: 22 jul. 2024.

IBGE. **Estimativas da População**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de População e Indicadores Sociais, Rio de Janeiro, 2022b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-carlos/panorama>. Acesso: 22 jul. 2024.

ITDP. **Guia de Implementação de Políticas e Projetos de DOTS**. Ficha Técnica. v.1. Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. ITDP, 2017a.

ITDP. **Padrão de Qualidade DOTS**. 3. ed. Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. Nova York: ITDP, 2017b.

LARRANAGA, A. M.; CYBIS, H. B. B.; ARELLANA, J.; RIZZI, L. I.; STRAMBI, O. Estimando a importância de características do ambiente construído para estimular bairros caminháveis usando o best-worst scaling. **Transportes**, v. 24, n. 2, p. 13-20, 2016.

MACHADO, L.; PICCININI, L. S. Os desafios para a efetividade da implementação dos planos de mobilidade urbana: uma revisão sistemática. **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.10, p.72-94, 2018.

MARINO, F. Novos paradigmas da mobilidade: análises e experiências da mobilidade ativa no espaço urbano brasileiro. In: Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, 6., 2020, Brasília, DF. **Anais [...]**. ENANPARQ. Disponível em: <https://enanparq2020.s3.amazonaws.com/SL/22050.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2024.

MELO, A. V. O automóvel, o automobilismo e a modernidade no Brasil (1891-1908). **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 30, n.1, p. 201-203. Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte Curitiba, Brasil, set. 2008.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Sistema de Informação Geográfica - SIG**. 20 abr. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/patrimonio-da-uniao/arquivos-antiores-privado/s/programa-de-modernizacao/linha-do-tempo/34-sig-apostila.pdf/view>. Acesso em: 17 jan. 2024.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. **PlanMob**: Caderno de Referência para a elaboração de Plano de Mobilidade Urbana. Brasília: Ministério das Cidades, 2015.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Levantamento sobre a situação dos planos de mobilidade urbana**. 17 abr. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/mobilidade-urbana/sistema-de-apoio-a-elaboracao-de-planos-de-mobilidade-urbana/levantamento-sobre-a-situacao-dos-planos-de-mobilidade-urbana>. Acesso em: 05 set. 2024.

MORAN, P. A. P. The interpretation of statistical maps. In: **Proceedings of the Cambridge Philosophy Society**, v. 44, p. 342-344, 1947.

RUBIM, B.; LEITÃO, S. O plano de mobilidade urbana e o futuro das cidades. **Estudos Avançados**, v.27, n.79, p. 55-66, nov. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/CSxNcNBdVJ4HCFjcXDJh43H/?lang=pt> . Acesso em: 19 jan. 2023.

SAATY, T. L. “**Método de Análise Hierárquica**”, Tradução de Wainer da Silveira e Silva, McGraw-Hill, Makron, São Paulo, SP, 1991.

SAMIOS, A. A. B. **Impacto do ambiente construído na utilização de modos ativos**: análise das percepções dos usuários de diferentes modos de transporte. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. Prefeitura Municipal. **Plano de Mobilidade Urbana do Município de São Carlos**. São Carlos: 2023. Disponível em: <http://mobilidadeurbana.saocarlos.sp.gov.br/index.php/2023/12/12/plano-de-mobilidade-urbana-de-sao-carlos-documento-final/>. Acesso em: 27 ago. 2024..

SUZUKI, H.; MURAKAMI, J.; HONG, Y.; TAMAYOSE, B. **Financing transit-oriented development with land values**: adapting land value capture in developing countries. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank, 2015.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **USP 90 anos**: Nossa história em uma linha do tempo. 25 jan. 2024. Disponível em: <https://saocarlos.usp.br/nossa-historia-em-uma-linha-do-tempo/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

VARGAS, R.V. **Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to Select and Prioritize Projects in a Portfolio**. PMI Global Congress – América do Norte, 2010. Washington, EUA, 2010.

VASCONCELLOS, E. A. DE.; CARVALHO, C. H. R. DE; PEREIRA, R. H. M. **Transporte e mobilidade urbana**. Texto para Discussão, n.1552. Brasília: Ipea, 2011.