



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

**MÉTODO PARA LOCALIZAÇÃO DE ESTAÇÕES DE BICICLETAS
COMPARTILHADAS PARA PRIMEIRA E ÚLTIMA MILHA DE SISTEMAS
METROVIÁRIOS**

ULY SOARES E MELO PULGA

Dissertação apresentado ao programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de Brasília, como requisito necessário para a obtenção de Grau de Mestre em Planejamento Urbano e Regional.

Professor Orientador: Marcos Thadeu Queiroz Magalhães

Brasília, 2023

RESUMO

O presente trabalho explora a potencialidade da integração entre bicicletas compartilhadas e o modo metroviário. Por meio da construção do portfólio bibliográfico, utilizando o Méthodi Ordinatio, foi possível identificar lacunas na produção científica, principalmente quando se trata da solução de primeira e última milha em áreas residenciais. O objetivo principal dessa pesquisa, voltou-se para o desenvolvimento de método de escolha de regiões para instalação de estações de bicicletas compartilhadas em fase inicial, visando a cobertura espacial de áreas residenciais e a promoção da integração entre modos bicicleta e metrô. A proposta metodológica deste trabalho pretende ser um complemento a métodos já consolidados. Os resultados obtidos a partir da aplicação da ferramenta *distance decay* e o uso de análise espacial, possibilitaram a identificação de áreas potenciais. Foi possível delimitar as áreas de implantação das estações, bem como simular o dimensionamento de uma estação por meio do procedimento metodológico proposto e que pode ser ajustado para aplicação em outras localidades.

Palavras-chave: Estação de Bicicleta Compartilhada, Metrô, Integração, Distance Decay

ABSTRACT

This work explores the potential of integrating shared bicycles and the metro mode. Through the construction of a bibliographic portfolio using the *Métodi Ordinátio*, it was possible to identify gaps in scientific production, mainly regarding the first and last mile solution in residential areas. The main objective of this research was to develop a method for selecting regions for the installation of shared bicycle stations in the initial phase, aiming at spatial coverage of residential areas and promoting integration between bicycle and metro modes. The methodological proposal of this work aims to be a complement to already established methods. The results obtained from the application of the distance decay tool and the use of spatial analysis enabled the identification of potential areas. It was possible to delimit the areas for station deployment as well as simulate the sizing of a station.

Keywords: Shared Bicycles Station, Metro, Integration, Distance Decay.

RÉSUMÉ

Ce travail explore le potentiel d'intégration des vélos partagés et du métro. En construisant un portfolio bibliographique à l'aide de la *Méthodi Ordinatio*, il a été possible d'identifier des lacunes dans la production scientifique, notamment en ce qui concerne la solution de premier et dernier mile dans les zones résidentielles. L'objectif principal de cette recherche était de développer une méthode de sélection des régions pour l'installation de stations de vélos partagés dans la phase initiale, visant une couverture spatiale des zones résidentielles et la promotion de l'intégration entre le vélo et le métro. La proposition méthodologique de ce travail vise à compléter les méthodes déjà établies. Les résultats obtenus grâce à l'application de l'outil de décroissance de la distance et à l'utilisation de l'analyse spatiale ont permis l'identification de zones potentielles. Il a été possible de délimiter les zones pour le déploiement des stations et de simuler la taille d'une station.

Mots-clés : Station de vélos partagés, Métro, Intégration, Décroissance de la distance.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Problema De Pesquisa	5
1.2	Hipótese	6
1.3	Objetivos	6
1.3.1	Objetivo geral	6
1.3.2	Objetivos específicos	6
1.4	Estrutura da Dissertação.....	7
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1	Sistemas de transporte público Coletivo	10
2.2	Transporte de alta capacidade sobre trilhos	13
2.3	Primeira e última Milha.....	15
2.4	Uso de bicicletas como meio de transporte.....	16
2.4.1	Espanha - Sevilha	16
2.4.2	China – Pequim e Wuhan	17
2.4.3	Holanda.....	18
2.4.4	Alemanha – Frankfurt, Berlim e Munich	19
2.4.5	Brasil	20
2.5	Integração das bicicletas ao transporte público coletivo de passageiros	22
2.5.1	Estações de Bicicleta Compartilhada	25
2.5.2	Bicicletas sem estação – Dockless	27
2.5.3	Bicicletas elétricas.....	28
2.6	Métodos para localização de estações de bicicleta compartilhada	28
2.7	Análise espacial de Interações: o <i>Distance Decay</i>	30
3	DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE ESTAÇÕES DE BICICLETAS COMPARTILHADAS	34
3.1	Etapas metodológicas.....	34
4	APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	41
4.1	Aplicação do Método: Estudo de Caso do Metrô do Distrito Federal	41
4.1.1	Metro-DF	42

4.1.2 Rotas cicláveis no Distrito Federal	44
4.1.3 Dados.....	45
4.1.4 Estações de metrô	46
4.1.5 Resultados da aplicação em SIG	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS	63
ANEXO	72

1 INTRODUÇÃO

Para aumentar a qualidade de vida urbana é preciso entender a necessidade de reduzir o tempo gasto com deslocamentos, tendo em vista que são fatores, em geral, inversamente proporcionais (MORENO *et al.*, 2021.; PEREIRA *et al.*, 2021). O modo escolhido pelo passageiro, por exemplo, é fator que define o consumo do tempo, como transportes coletivos em vias exclusivas, que possuem melhor desempenho que modos que trafegam em vias compartilhadas (SOZA-PARRA *et al.* 2022). Além disso, a inserção espacial e a renda da população impactam diretamente nas condições de mobilidade, e podem ser medidas através de dados de deslocamento (PEREIRA, *et al.*, 2021).

O transporte individual oferece agilidade para a vida das pessoas, principalmente em locais que o transporte coletivo é precário ou exige grandes deslocamentos dos usuários. No entanto, fatores como congestionamento, aumento dos níveis de ruído, acidentes envolvendo outros veículos, pedestres e ciclistas, são aspectos que diminuem tanto a qualidade de vida dos moradores quanto a capacidade de deslocamento do transporte individual e coletivo (DUARTE, *et al.*, 2017).

Apesar da expressividade da indústria automobilística, o transporte por bicicletas tem aumentado no mundo em decorrência de investimentos ciclovitários. Como exemplo, o número de ciclistas em Nova York cresceu 35% após investimentos públicos em infraestrutura ciclovitária (SPECK, 2017). No Brasil, foram implementadas leis e infraestruturas nas principais capitais, que possibilitaram o aumento do número de ciclistas (BID e MDR, 2021). Leis de uso do solo, impostos, incentivos fiscais, densidade demográfica, infraestrutura urbana, entre outras decisões políticas, são fatores que impactam diretamente na escolha entre carro ou bicicleta (SPECK, 2017; SAEIDIZAND, *et al.*, 2022; FAN, *et al.*, 2019).

O uso das bicicletas, além de trazer benefícios para a saúde da população, custa seis vezes menos se comparado com carros (CALIL, *et al.*, 2018), é ambientalmente sustentável, ocupa menos espaço territorial que veículos individuais (NASCIMENTO, *et al.*, 2018), reduz os ruídos das cidades e contribui com a economia local e nacional através da sua fabricação e comercialização (GEIPOT, 2001). Além

disso, quando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS são levados em consideração, as bicicletas enquanto meio de transporte tornam-se um fator importante na implementação de alguns desses objetivos.

A implementação de sistemas de bicicletas compartilhadas e ampliação da rede cicloviária relaciona-se com os objetivos 3 (saúde e bem-estar), 9 (indústria, inovação e infraestrutura) e 11 (cidades e comunidades sustentáveis) dos ODSs. No entanto, o uso exclusivo da bicicleta muitas vezes não é adequado para atender aos deslocamentos em centros urbanos espalhados, como é o caso das grandes metrópoles. Nesse sentido, os modos sobre trilhos por exemplo, possuem maior capacidade de transporte de pessoas, mas ainda sim é necessária a complementação do trajeto seja a pé, por bicicletas ou outros modos de transporte para a conclusão do percurso (CHEN, et al., 2020).

Cidades em que os empregos se concentram nos centros e as pessoas se deslocam desde as periferias, muitas vezes inviabiliza o uso de bicicletas para percorrer toda a distância, sendo necessária a integração com outros modos; como é o caso dos modos sobre trilhos ou com itinerário delimitado. Nesse sentido, os deslocamentos com bicicletas são tidos como soluções para os problemas de primeira e última milha (ZUO, et al., 2020a), promovendo a integração. Os problemas de primeira e última milha referem-se à dificuldade complementar uma viagem feita por um modo, tanto no início quanto no fim da viagem, principalmente em curtas distâncias que não são facilmente feitas a pé (QIN, et al., 2018).

Os modos mais comuns para solucionar os problemas de primeira e última milha são: caminhada, bicicleta, ônibus alimentador, carro (VENTER, 2020; MENG, et al., 2016). Cada modo possui um desempenho diferente com relação à atratividade, MENG, et al. (2016) demonstram que deslocamentos a pé são quase inexistentes após 2km percorridos desde a origem, deslocamentos por bicicleta possuem um pico a partir de 1km desde o destino e deslocamentos com ônibus aumentam conforme a distância entre origem e destino amplia. Portanto, as estações de bicicletas compartilhadas como solução de primeira e última milha do modo sobre trilhos pode ampliar a cobertura do modo, mas para que isso ocorra é necessária a implantação das estações em locais compatíveis com a demanda.

EBRAHIMI, et al. (2022) abordam um método utilizando sistemas de informação geográfica (SIG) para visualizar a distribuição geográfica das estações de bicicletas compartilhadas e determinar o melhor posicionamento delas para melhor atender áreas residenciais. SHU, et al. (2019) recorrem à método que faz uso de *distance decay* e questionários para determinar a melhor localização de estações de bicicleta compartilhada próxima a edifícios em áreas com diferentes usos do solo. WANG, et al. (2020), propõe um modelo de dois níveis para localização e dimensionamento para bicicletas compartilhadas sem estação. CHEN, et al. (2021) utilizam dados de demanda para otimizar o posicionamento de estações de bicicleta compartilhada de forma dinâmica.

Os trabalhos já desenvolvidos utilizam dados de sistemas já implantados para melhorar o posicionamento das estações ou das bicicletas sem estação. No entanto, para implantar estações em áreas que não possuem estações de bicicleta, utiliza-se apenas das recomendações dos manuais de bicicletas compartilhadas, que orientam com base em desenho urbano. Para tanto, a ferramenta *distance decay* aliada a softwares de Sistema de Informação Geográfica e critérios de implantação desenvolvidos nessa pesquisa, possibilitarão a previsão de áreas para instalação de estações de bicicleta compartilhada próxima a áreas residenciais. Essas ferramentas auxiliarão na implantação de estações de bicicleta com o objetivo de aumentar a cobertura de modos sobre trilhos possibilitando a solução para primeira e última milha e atendendo a áreas residenciais.

1.1 Problema De Pesquisa

Os transportes públicos coletivos sobre trilhos promovem o direito de ir e vir dos cidadãos, mas para iniciar ou terminar uma viagem pelo modo, faz-se necessária a integração com outros modos ou deslocamentos a pé. Nesse sentido, as estações de bicicleta compartilhada surgem como solução rápida e sustentável para o complemento das viagens. Assim, a questão a ser respondida nesse estudo é: como identificar os locais mais propícios para instalação das estações de bicicletas compartilhadas em áreas residenciais de forma a atender a primeira e última milha da

viagem dos passageiros, expandindo a cobertura do serviço de transporte de massa sobre trilhos?

1.2 Hipótese

Estações de bicicletas compartilhadas, quando localizadas próximas a áreas residenciais, de forma a solucionar a primeira e a última milha, ampliam a cobertura do serviço de transporte de massa sobre trilhos e promovem melhor integração entre os modos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de método para localização de áreas para implantação de estações de bicicleta compartilhada próximas a regiões residenciais visando a ampliação da cobertura do serviço de transporte público de massa sobre trilhos.

1.3.2 Objetivos específicos

- i. Identificação das modalidades de uso de bicicletas compartilhadas, suas potencialidades, limitações e sua integração com transportes públicos de massa sobre trilhos;
- ii. Especificação de critérios e procedimentos para identificação e análise de áreas e locais propícios para a instalação de estações de bicicletas compartilhadas;
- iii. Teste do método proposto em aplicação em linha de metrô do Distrito Federal em estações a definir;

- iv. Identificação de locais para novas estações de bicicleta compartilhada para atender a demanda de passageiros de transportes públicos coletivos sobre trilhos na área do estudo de caso.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação será composta de 6 capítulos seguindo a seguinte estrutura:

- i. Introdução, constando a contextualização que gerou o problema científico, formulação da hipótese, objetivos, justificativa, relevância da pesquisa e a estrutura do documento.
- ii. Revisão da literatura, abordando conceitos e contextos necessários para a construção da discussão;
- iii. Metodologia, apresentando os dados e ferramentas necessárias para o desenvolvimento do estudo de caso;
- iv. Estudo de caso, apresentando a avaliação da metodologia proposta.
- v. Síntese do método proposto para replicação
- vi. Resultados e análises, expondo o que foi obtido no estudo de caso
- vii. Conclusão, constando as considerações finais, possíveis recomendações e finalização do estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo são abordados conhecimentos fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa. Considerou-se os sistemas de transporte público coletivo com foco na necessidade de integração, a integração do modo ciclovitário com os sistemas de transporte e a importância da localização de estações de bicicletas compartilhadas como solução de primeira e última milha. Realizou-se também abordagem sobre a ferramenta *distance decay*, utilizada no desenvolvimento método proposto.

Para a construção do portfólio bibliográfico preliminar, foi realizada pesquisa bibliométrica com base no *Methodi Ordinatio* (2015. Pagani, R. N., Kovaleski, J. L., Resende, L. M), que considera o fator de impacto, o ano da publicação e o número de citações para a seleção de trabalhos mais relevantes. Complementando os resultados obtidos pela pesquisa bibliométrica, considerou-se autores não obtidos na pesquisa em questão. Isso foi realizado por julgar que autores importantes para a pesquisa não foram relacionados nos resultados bibliométricos.

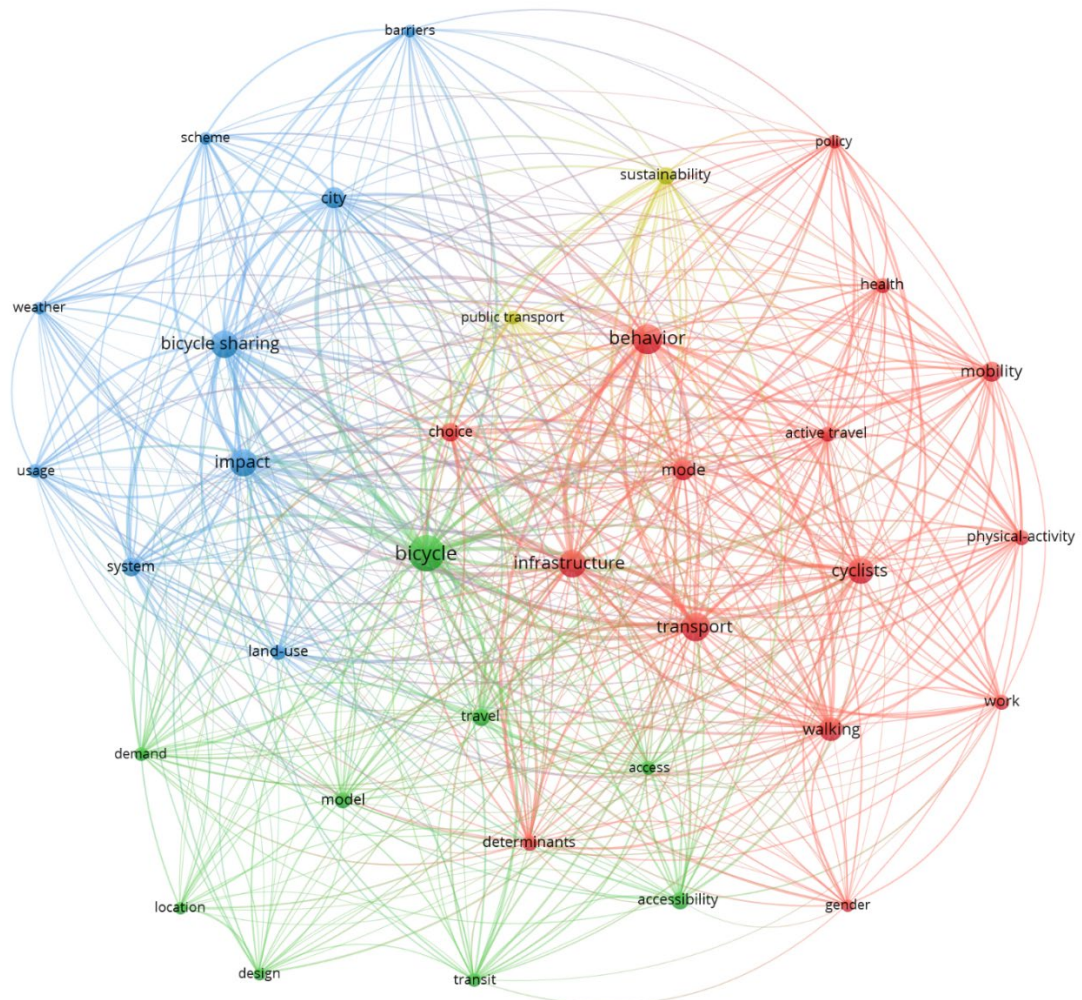
A pesquisa bibliométrica resultou em 1134 títulos os quais os temas, além de integração de bicicletas ao transporte público, abordavam segurança, *IoT*, *e-bikes* saúde, poluição, acidentes de trânsito, entre outros. Portanto o alinhamento foi necessário para filtrar os títulos que focassem em acessibilidade de bicicletas particulares ou compartilhadas junto aos sistemas de transporte público; Aqui, entende-se “acessibilidade” como a capacidade do usuário de integrar o uso entre os dois sistemas. Ao final da leitura sistemática dos títulos, foram obtidos 566 trabalhos alinhados ao tema.

Dentre os títulos selecionados para análise desse trabalho (Anexo I), sobressaem os temas relacionados a bicicletas compartilhadas, bicicletas compartilhadas *dockless* (sem estação) e *e-scooters*. A interação dessas com o ambiente construído, sua integração com os demais modos de transporte e a acessibilidade econômica os serviços de compartilhamento são correlações encontradas nas análises (Anexo I). Foi identificado na pesquisa que cidades com adesão imediata aos sistemas de bicicletas compartilhadas já possuíam cultura de deslocamentos por bicicletas. FAN *et al.* (2019) demonstram que Beijing possui impopularidade na escolha do carro como modo de transporte e a capital já possuía a bicicleta como principal modo de transporte desde a década de 1990.

Foi observado também, que publicações brasileiras são majoritariamente voltadas para desigualdades econômicas e padrões de deslocamento (Anexo I), justificado pela falta de infraestrutura cicloviária que, supostamente, promoveria a segurança dos deslocamentos no território. Além disso são encontrados trabalhos que abordam a acessibilidade econômica dos cidadãos a bicicletas e seus serviços. Já na análise de palavras-chave (Figura 1), foi possível identificar a correlação entre termos

com maior número de conexões da análise, no conjunto vermelho, e que conecta termos relacionados a deslocamentos a pé aos termos que dizem respeito a deslocamentos feitos por bicicleta.

Figura 1 - Correlação entre palavras-chave



FONTE: Elaboração própria. Software VOSViewer

A partir da análise apresentada acima, abordou-se a revisão de conceitos, contextos e ferramentas encontradas na literatura disponível. É importante ressaltar que, para além da avaliação da implantação de sistemas de bicicleta compartilhada, também é preciso analisar as especificidades de cada contexto para melhor compreender as condições socioeconômicas e culturais que levam determinado público a usar bicicletas como modo de transporte.

2.1 Sistemas de transporte público Coletivo

O transporte público coletivo possui várias nuances que fazem necessário um melhor detalhamento. Para PAGET-SEEKINS et. al. (2016), o próprio termo “Transporte Público” (TP) tem diferentes interpretações, pois pode ser tanto um transporte aberto ao público, como pode ser um sistema de propriedade pública com um agente privado operando. Também pode ser um bem público o qual o público se beneficia mesmo que não use e ainda pode ser uma questão de debate na esfera pública. O transporte coletivo, no entanto, significa exclusivamente que serve a múltiplas pessoas no âmbito público (PAGET-SEEKINS e TIRONI, 2016). Juntos, os dois termos dizem respeito ao serviço de acesso ao público em geral a taxas pré-fixadas objetivando o direito de ir e vir.

Além da garantia do direito de ir e vir, os sistemas de transporte público coletivo garantem o acesso ao trabalho, educação e serviços públicos para muitos cidadãos (PAGET-SEEKINS e TIRONI, 2016) no qual para muitos desses o ponto de origem é a habitação (BLACK, 1931). Ainda segundo Black (1931), atividades de lazer, compras ou negócios pessoais predispõe o uso de veículo particular para uma grande maioria que tem acesso a esse bem. Mas, para Paget-Seekings et. Al. (2016), esse é privilégio de alguns e o transporte público é que garante o deslocamento da população que pode adquirir o bilhete de acesso.

A expansão das áreas urbanizadas influencia diretamente no funcionamento dos TP coletivo que devem se adaptar conforme as demandas surgem. A sua adaptação o faz evoluir para redes de coberturas complexas visando atender o maior número de pessoas, mas eventualmente a cobertura do modo deixa de atender áreas mais remotas ou menos densas por dificuldades de expansão do sistema causado por barreiras físicas e ambientais (KIM e SONG, 2018). O número de paradas ou estações também são fatores que influenciam na velocidade média do veículo afetando a compreensão pública a respeito da qualidade do serviço (BLACK, 1931).

A operação de TP coletivo se dá em rotas e horários fixos, podem ser utilizados por qualquer pessoa que pague pelo valor definido das tarifas e podem ser divididos em três dimensões (BLACK, 1931; VUCHIC, 2002):

- Tecnologia: Diz respeito à forma de deslocamento (pneus, trilhos, embarcações), se é conduzido por um motorista ou se é guiado por trilhos e sistemas mecânicos, modo de propulsão (Elétrico, combustão, magnético, tração, hélice, rotor) e o seu controle (manual, automático supervisionado ou automático).
- Preferência na via ou Right-of-way – ROW: O tipo de separação ou integração do veículo ao trânsito.
- Tipo de serviço: Refere-se às rotas (curta distância, urbano ou regional), cronograma de paradas (expresso, local ou acelerado) e a frequência (o dia todo, regular, horário de pico, suburbano, especial ou eventual)

Para Vuchic (2002), os transportes públicos coletivos estão divididos em três categorias de ROW, que indicam o grau de exclusividade das vias onde os veículos trafegam, sejam elas totalmente exclusivas, parcialmente compartilhadas ou totalmente compartilhadas. A categoria de ROW no qual o modo se encaixa definirá a velocidade, influência do tráfego, segurança do modo, entre outros aspectos. Os ROWs se dividem da seguinte forma:

- ROW A: Totalmente separado do trânsito. Compreende os sistemas de metrô, mon trilhos, veículos automatizados guiados, veículos leves sobre trilhos totalmente separados das vias comuns, trens, veículos a tração elétrica totalmente separados das vias comuns e excepcionalmente sobre rodas. São sistemas rápidos, de alto custo de investimento, mas com maior performance no transporte de passageiros em áreas urbanizadas.
- ROW B: Parcialmente separado do trânsito. São compostos por veículos leves sobre trilhos ou veículos sobre rodas com faixas exclusivas – BRTs. São semirrápidos e possuem intersecção com as vias de automóveis em algum momento. Requer investimento para implantação do sistema.
- ROW C: Integrado ao trânsito por vias públicas. Compreendem os veículos sobre rodas, bondes e trólebus. São sistemas de baixo desempenho e requerem baixo investimento, mas são muito suscetíveis às condições do trânsito.

Os sistemas pertencentes ao ROW B são mais vantajosos quando competem com viagens feitas de carro (VUCHIC, 2002)

Dentre as opções de veículos de transporte público coletivo (TCP), estão os transportes rápidos de alta capacidade (TRAC), que carregam um grande número de passageiros rapidamente conectando os subúrbios ao centro através de trânsito compartilhado, faixas exclusivas ou trilhos. Os TRAC podem ser divididos conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de características de sistemas de transporte rápido de massa

	Ônibus	Tram	VLT	Metrô
ROW	Fisicamente segregado com faixas	Compartilhado com o tráfego	Parcialmente compartilhado com barreiras físicas	Totalmente segregado
Velocidade média Km/h	20-25	10-20	20-30	30-40
Sinalização	Visual, com alguns sinais	Visual, com alguns sinais	Visual com muitos sinais	Automatizada
Plataformas	Nível do solo; Elevadas no Brasil	Nível do solo	Nível do solo; Médio	Elevadas
Espaçamento das estações	200-500	200-500	500-1000	800-1200
Intervalo mínimo entre veículos	10	10	60	90-120
Passageiros por carro	90	180	240	400
Carros/Vagões	1	1-2	2-4	6-8

Comprimento do carro/vagão	8-11	30-40	70-100	100-140
-----------------------------------	------	-------	--------	---------

Fonte: (FOURACRE e DUNKERLEY, 2003). Tradução livre.

2.2 Transporte de alta capacidade sobre trilhos

Os trens interurbanos, suburbanos ou regionais, foram inicialmente desenhados para transporte de longas distâncias (VUCHIC, 2007), são compostos por carros pesados e operam em alta velocidade com baixa desaceleração. Possuem alta capacidade para transporte de passageiros e por se tratar de viagens mais longas, o custo de transporte por pessoa é baixo (BLACK, 1931). Em 1900, a eletrificação dos trens levou à expansão de linhas elétricas, sua modernização e alavancou novamente a expansão das linhas em cidades como Paris, Munich, Hamburgo, Copenhagen e, posteriormente, cidades dos Estados Unidos (VUCHIC, 2007). O avanço da tecnologia atrelada à eletrificação dos veículos possibilitou a criação de novos modos de transporte coletivo.

Londres implantou o primeiro Metrô em ROW A em 1863 para solucionar problemas de congestionamento. A princípio o veículo era movido a vapor e posteriormente foi adaptado para um sistema elétrico (VUCHIC, 2007). Metrôs normalmente servem a viagens dentro dos centros urbanos com distância entre estações em média de uma milha (1,60 km). Dentre suas vantagens estão a rapidez de embarque e desembarque e o tráfego livre (BLACK, 1931) ou ROW A, uma das principais características que o faz mais competitivo aos veículos particulares que os demais modos (VUCHIC, 2007).

No Brasil, o primeiro sistema sobre trilhos foi implantado no período do Império, em 1852, porém de uso exclusivo para transporte de matéria-prima e produção agrícola (VAZ, et al., 2014; CNT, 2016). O foco de investimentos do transporte de passageiros, principalmente o transporte interestadual, foi direcionado para o transporte rodoviário, resultando em malhas urbanas desconectadas e não padronização entre trilhos e veículos para a integração através da malha de transporte

de cargas (VAZ, et al., 2014). O primeiro trecho de transporte ferroviário de passageiros, foi inaugurado em 1854, ligando o porto de Mauá à serra de Petrópolis e atuou conjuntamente com o transporte de cargas (SANTOS, et al., 2023).

A primeira linha de metrô implantada no Brasil teve construção iniciada em 1967 e posteriormente foi se popularizando no território nas décadas seguintes (SANTOS, et al., 2023). Segundo VAZ, et al. (2014), os modos mais comuns de transporte sobre trilhos no Brasil, são os Veículos Leves sobre Trilhos (VLT) e Metrô, sendo hoje contabilizados 1.437km de trilhos destinados a transporte de passageiros não conectados entre estados. Segundo a CNT (2016), são quinze regiões metropolitanas brasileiras com transporte sobre trilhos ativo, dentre essas, sete possuem modo metrô em funcionamento. Em Brasília, a linha de metrô inaugurado em 2001 opera com 42,38Km de extensão, uma das menores do Brasil, que está dividida em duas linhas com 24 estações no total (CNT, 2016).

O metrô está presente como modo de transporte público de massa em grandes centros urbanos e capitais de vários países. Dentre as vantagens do sistema destacam-se: (i) as zonas servidas pelo sistema metroviário que ganham em desenvolvimento econômico (RODRIGUES, 2018); (ii) possibilidade de melhoria no que tange ao acesso à possibilidades de emprego e outras atividades (JOHNSON, ERCOLANI e MACKIE, 2017); (iii) menos ocupação do espaço urbano através de deslocamentos subterrâneos; (iv) maior capacidade de transporte comparando-se com ônibus; (v) redução da emissão de CO²; (vi) não sofrem interferência do tráfego de veículos automotores; (vii) reduzem acidentes; (viii) possuem embarque e desembarque rápidos (BLACK, 1931; LOPES, 2018) e (ix) trafegam em vias exclusivas em ROW A (VUCHIC, 2007).

Para que o modo metroviário seja um sistema eficiente, é importante que sua capacidade atenda à demanda (LOPES, 2018). E em se tratando de áreas espraiadas, os modos sobre trilhos, muito embora possuam vantagem sobre os demais modos, não atendem às necessidades de deslocamento de ponta-a-ponta, sendo necessário o deslocamento complementar a pé, por bicicleta, com carros, ou outros meios de transporte que possibilitem ou acesso e/ou conclusão do percurso (CHEN, CHEN e WU, 2020).

2.3 Primeira e última Milha

Sistemas de transporte público possuem como uma de suas características a possibilidade de cobrir grandes áreas e conectar origem e destino que muitas vezes são afastados por longas distâncias, porém não conectam pontos de desembarque aos vários destinos que uma cidade oferece. Para tanto, é necessário o complemento da viagem por veículo automotor ou por transporte ativo tanto para chegar aos pontos de embarque, quanto para chegar ao destino após o desembarque (FAN, et al., 2019; QIN, et al., 2018).

A primeira e última milha desempenham importante papel no trajeto cotidiado dos passageiros, determinando a acessibilidade aos serviços de transporte, promovendo a conectividade entre origens e destinos e fomentando o uso do transporte público (FAN, et al., 2019; ZUO, et al., 2020b). Esses fatores também as colocam como a maior barreira para o acesso ao transporte público, que se minimizadas, podem ampliar o acesso a oportunidades de trabalho, melhorar a conectividade entre bairros e aumentar o número de destinos dentro das cidades tornando-as mais inclusivas (ZUO, et al., 2020b).

ZUO, et al. (2020b), em seu estudo de caso, apontam que a bicicleta como solução de primeira e última milha aumentaria o acesso a oportunidades de trabalho em 43,7%, além de diminuir as disparidades entre grupos sociais dentro do contexto urbano analisado. Já SGAHEEN e CHAN (2016), além de ressaltarem o compartilhamento de bicicletas como opção de primeira e última milha, incluem o compartilhamento de veículos como uma solução flexível, principalmente veículos elétricos que diminuiriam as emissões de gases do efeito estufa. FAN, et al. (2019), descobriram que os sistemas bicicletas compartilhadas são o modo de preferência dos passageiros para viagens de primeira e última milha, apresentando o potencial necessário para substituir os modos motorizados.

Para que a conectividade da primeira e última milha funcione é necessário que a infraestrutura de transportes atue na conexão entre residências ou destino e os transportes (ZUO, et al., 2020^a; ZUO, et al., 2020b), além de fatores como segurança pública, tráfego seguro, calçadas acessíveis, tempo e custo, que influenciam na

escolha dos usuários (VENTER, 2020). Mas é importante ressaltar que as necessidades para cada modo usado na viagem de primeira e última milha mudam a partir do ponto de vista do passageiro, pois se tratam de fatores subjetivos (ZUO, et al, 2020b).

2.4 Uso de bicicletas como meio de transporte

A partir dos resultados obtidos pela análise bibliométrica anteriormente apresentada, desenvolveu-se a síntese do panorama do uso das bicicletas como meio de transporte. Para a construção desse panorama mundial foram selecionados países, em específico algumas cidades de cada país, para melhor entendimento dos sistemas implementados, o conjunto de políticas públicas, investimentos aplicados e adaptações para a implementação ou ampliação do modo cicloviário. A seleção dos países foi feita a partir da classificação dos artigos relacionados na pesquisa bibliométrica e o critério principal foi a utilização de sistemas bicicletas compartilhadas. A seleção de informações se ateve ao contexto local, sistema utilizado, atuação do Estado, adesão do público e resultados da implantação.

2.4.1 Espanha - Sevilha

Sevilha está entre as cidades que obtiveram sucesso na implementação de bicicletas como modo de transporte. A pesquisa de MARQUES, *et al.* (2015) demonstra que a rápida adesão ao modo foi motivada pela construção de infraestrutura conectada e estações de bicicletas compartilhadas distribuídas no território entre 2006 e 2008. Os autores demonstram que, para alcançar a posição de 4ª cidade mais amigável para ciclistas, foram elaboradas projeções de ciclistas potenciais e estudos de impacto do clima nos deslocamentos ao longo do ano. Além disso, foram propostos projetos de conexão entre as ciclovias segmentadas, audiências com gestores e elaboração de padrões para a construção de ciclovias condizentes com as áreas de implantação; para cada área, um padrão diferente.

A infraestrutura, equipamentos e bicicletas compartilhadas tiveram um papel importante no êxito do projeto, proporcionando opções para vários tipos de

deslocamentos. Durante o processo de elaboração do projeto, a participação do público teve o papel essencial para integrar aspectos importantes para o público alvo. O resultado foi observado no período de 2006 a 2011 e constataram a transferência de viagens feitas por carro para viagens feitas por transporte público e bicicleta. Também foram coletados dados de diminuição da proporção dos acidentes envolvendo bicicletas e veículos motores, além dos impactos positivos na economia local, meio-ambiente e saúde da população de Sevilha (MARQUES, HERNANDEZ-HERRADOR, *et al.*, 2015).

2.4.2 China – Pequim e Wuhan

A produção e posse de automóveis na China cresceram exponencialmente nas últimas décadas causando problemas de congestionamento e poluição de forma acelerada. Em 2012, para conter o avanço, o governo chinês promulgou o *Guiding Opinions about Reinforcing the Construction of Urban Pedestrian and Bicycle Traffic System* (Guiando opiniões sobre reforçar a construção do sistema urbano para pedestres e bicicletas - tradução livre), de objetivo e status incerto. No país, inicialmente, as bicicletas eram artigos caros, mas a produção nacional e aumento do valor de veículos e motocicletas ajudaram na popularização do uso das bicicletas em algumas partes do território (FRAME, ARDILA-GOMEZ e CHEN, 2017; FAN, CHEN e WAN, 2019).

Mas a posse e uso de bicicletas nas cidades chinesa passaram por momentos de marginalização, eletrificação e restrição desde 1980 (FRAME, ARDILA-GOMEZ e CHEN, 2017). Em 2012, Pequim inaugurou o sistema público de bicicletas compartilhadas atraindo 94 mil viagens por dia até 2016. Em 2017 contabilizavam-se mais de 2 milhões de bicicletas compartilhadas e 7 milhões de viagens por dia. A bicicleta é seu modo principal de deslocamento desde 1990, e a introdução de sistemas compartilhados impactou positivamente na escolha do modo, fazendo com que as bicicletas compartilhadas sejam a primeira escolha do usuário quando disponíveis. No entanto, a primeira escolha por bicicletas compartilhadas na cidade, tem como origem a dificuldade em se achar estacionamentos para bicicletas

particulares próximas a estações de transporte público, impactando o uso por passageiros assíduos. (FAN, CHEN e WAN, 2019).

Uma das características do público da cidade é sua tendência a trocar distâncias percorridas a pé por sistemas compartilhados, quando esses estão disponíveis no trajeto. Por outro lado, o morador que já utiliza carro tem menor propensão a fazer essa troca (FAN, CHEN e WAN, 2019). Pequim possui políticas públicas voltadas para o incentivo de mobilidade por bicicletas, em alguns lugares a instalação de equipamentos para essas é obrigatório, fortalecendo o modo. Wuhan, já não compartilha da mesma estrutura política, adotando soluções de pouco impacto ou mesmo soluções que favorecem o automóvel (FRAME, ARDILA-GOMEZ e CHEN, 2017).

Em Wuhan existe maior preferência por veículos motorizados dentre seus habitantes e a bicicleta é marginalizada. *E-Bikes*, bicicletas com motor assistido, mas classificadas como veículos não motorizados, representam um problema de segurança nas ciclovias causado pela diferença de velocidade entre essas e bicicletas não motorizadas (FRAME, ARDILA-GOMEZ e CHEN, 2017). As políticas públicas também tiveram grande impacto nos sistemas de bicicleta compartilhada em Pequim. Em função do grande aumento de bicicletas compartilhadas, a Comissão Municipal de Transporte de Pequim proibiu a entrada de outras companhias no mercado. O processo de aluguel das bicicletas também as torna desfavoráveis para adesões por demandar 3 minutos para ser concluído e por não possuir integração global com as demais companhias; é preciso realizar o mesmo procedimento para cada uma (FAN, CHEN e WAN, 2019)

2.4.3 Holanda

Após a Segunda Guerra Mundial, durante os anos 1950 e 1960, a Holanda iniciou seu processo de motorização, mas como consequência o número de acidentes aumentou no mesmo período. As políticas públicas no país tiveram um impacto importante e benéfico para o estímulo das bicicletas no contexto urbano. Em Amsterdam a política de mobilidade inclui integralmente a bicicleta e tem como fundamento quatro pilares: segurança viária, infraestrutura, estacionamento e

educação. Paralelo a isso, a educação promove o transporte porta-a-porta com bicicletas e a evidência como transporte com impactos ambientais positivos. (FRAME, ARDILA-GOMEZ e CHEN, 2017).

Dentre as políticas públicas adotadas a partir de 1990, estão: Aumento das taxas de estacionamento para carros, restrição de acesso para carros em áreas urbanas, gestão do uso do solo para diminuir as distâncias percorridas pelos cidadãos, implementação de acessibilidade seletiva no sistema viário para restringir o acesso de alguns modos em áreas específicas, incentivo de uso a outros modos como bicicletas, transporte público e caronas. Em 1992, o *Master Plan* das Bicicletas complementou as políticas adotadas em 1990. O objetivo principal foi o aumento da segurança das bicicletas através de metas de diminuição de acidentes e emissões de CO². Para garantir a segurança dos ciclistas o governo iniciou investimentos em soluções para desenvolvimento do uso das bicicletas e subsidiou a construção de ciclovias. A longo prazo, foram criados planos de criação de mais bicicletários e aumento da conexão com transporte público, segurança viária e conforto. (FRAME, ARDILA-GOMEZ e CHEN, 2017).

Segundo o estudo de FRAME et al. (2017), a Holanda é o único país europeu com mais bicicletas que pessoas, mas essa informação não possui confirmação estatística uma vez que não existe um sistema de registro desses dados. Além disso, suas áreas residenciais foram transformadas para que as ruas tenham como preferência os pedestres e ciclistas sobre os carros. Em áreas residenciais o limite máximo de velocidade é de 30km/h, majoritariamente. Com isso, estima-se que 90% das ruas holandesas são consideradas *bicycle-friendly*.

2.4.4 Alemanha – Frankfurt, Berlim e Munich

A Alemanha adotou políticas públicas para tornar o ciclismo mais rápido, fácil e seguro desde 1980. Apesar dos veículos motorizados serem populares em todo o país, as bicicletas são tão utilizadas quanto na Holanda. O Estado investiu em ciclovias, mudança na preferência de tráfego em áreas residenciais (bicicletas e pedestres possuem preferência sobre carros) além disso, melhorias no transporte público também popularizaram o modo (PUCHER, 1997).

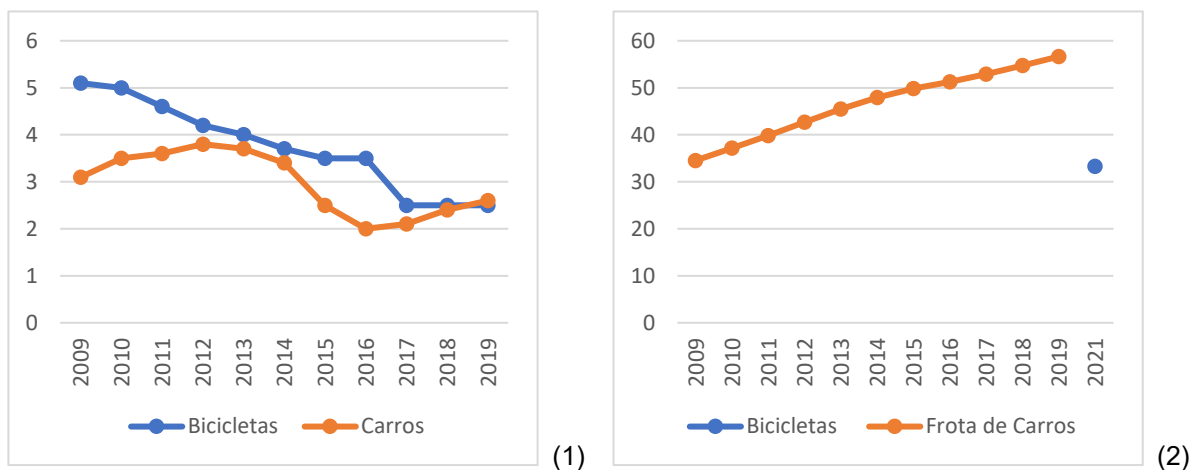
Frankfurt não tem tradição de bicicletas como Amsterdam. São 470 carros a cada 1000 habitantes e 20% dos habitantes são dispostos a andar de bicicleta. Entre 1990 e 2018 o número de viagens realizadas por bicicleta aumentou de 6% para 20% (BUEHLER, TEOMAN e SHELTON, 2021). Em 2021, Berlim aproveitou a criação das ciclovias temporárias, durante a pandemia de COVID-19, para discutir políticas públicas a longo prazo a respeito das bicicletas no contexto urbano (MORENO, ALLAM, *et al.*, 2021).

Munich, a maior cidade universitária da Alemanha, teve ampla adesão do modo de bicicletas por parte dos estudantes, que as viam como meio barato e aliado ao urbanismo não orientado por carros. O movimento de ascensão e declínio das bicicletas no contexto urbano de Munich, assemelha-se muito ao das demais cidades europeias, com forte queda no período do pós-guerra e a retomada do setor a partir dos anos 1970 (BRUHEZE A. e OLDENZIEL R., 2018). Pucher (1997), identificou que cidades com maior número de universitários tem maior tendência à adoção de bicicletas como meio de transporte, além de influenciarem nas políticas públicas de transportes nas cidades.

2.4.5 *Brasil*

A data de chegada da primeira bicicleta ao Brasil não é exata, mas estima-se que tenha sido entre 1859 e 1870, no Rio de Janeiro, tendo em vista a concentração da elite no estado, também se supõe que São Paulo e Santa Catarina tenham desempenhado papel importante na disseminação de bicicletas, já que concentravam grandes grupos imigrantes (ROSA, 2015). A expansão do mercado automobilístico, entre as décadas de 1950 e 1960, sufocou não só o transporte público, como também a indústria de bicicletas. As políticas públicas voltadas para o desenvolvimento e incentivo do uso do transporte individual conduziram os transportes não motorizados à decadência. Paralelamente a ampliação da indústria de energia elétrica e combustíveis fósseis direcionou o mercado consumidor e o Estado a investimentos em automóveis. (GEIPOT, 2001)

Figura 2 – Produção e Frota de veículos automotores e bicicletas no Brasil (1) Dados em milhões da produção industrial nacional de veículos e bicicletas 2009 a 2019 (ANFAVEA, 2022) (ABRACICLO, 2020). (2) Série histórica de frota de veículos no Brasil. Dados em milhões



Fonte: Dados adaptados do IBGE (2020).

A produção industrial nacional de bicicletas, até 2018, supera em número a produção de carros, mas quando observados os números da frota de veículos no país, nota-se que esse não acompanha a curva de produção nacional conforme apresentado na Figura 2 (1). A Figura 2 (2) indica que apesar da produção de bicicletas ser maior que a de carros, a aquisição de veículos é superior quando comparada com a aquisição de bicicletas. Em 2009 o Brasil estava entre os líderes, em terceiro lugar na produção e consumo de bicicletas, mas se os dados forem analisados em consumo per capita, o Brasil cai para o 22º lugar (GUTH, 2016).

A frota total de automóveis no ano de 2020 totaliza 58,01 milhões (IBGE, 2020), já as bicicletas, consta a estimativa de 33,23 milhões de unidades no Brasil, já que não existem dados precisos (PEREIRA, 2021). Quando observada a curva crescente dos veículos circulantes no Brasil, paralelos ao crescimento da indústria automobilística e a queda contínua na produção de bicicletas no país, percebe-se tendência de consumo do brasileiro quanto à escolha do meio de transporte.

Em 2018, foi instituído o Programa Bicicleta Brasil pela lei nº 13.724/2018, que tem como objetivo incentivar a bicicleta como modo de transporte, bem como melhorar a infraestrutura urbana para esses fins. Dentre as regulamentações, estão os

incentivos aos municípios para a implantação de ciclovias e instalação de equipamentos para bicicletas e a destinação de verbas para o financiamento do programa: parcelas dos recursos da CIDE-combustíveis, orçamentos da união, Distrito Federal e Municípios e doações de pessoas físicas ou jurídicas, entidades e organismos de cooperação nacionais ou internacionais. A lei também propõe a conscientização dos efeitos negativos do automóvel individual em detrimento do transporte público e modos não motorizados.

2.5 Integração das bicicletas ao transporte público coletivo de passageiros

Viagens de transporte público possuem como uma de suas características a possibilidade de cobrir grandes áreas e conectar origem e destino que muitas vezes são afastados por longas distâncias, porém não conectam pontos de desembarque aos vários destinos que uma cidade oferece. Para tanto, é necessário o complemento da viagem por veículo automotor ou por transporte ativo, como o caso da bicicleta (FAN, CHEN e WAN, 2019).

ZUO, WEI e CHEN (2020) entendem a conexão entre primeira e última milha com respectivos pontos de embarque e desembarque como relativas à acessibilidade. A acessibilidade aqui entendida como a capacidade de chegar ao sistema de transporte, portanto afeta a cobertura do mesmo, que quando associada a sistemas de primeira e última milha atendem a áreas sem cobertura. O modo metroviário possui alto investimento de expansão, portanto a primeira e última milha estenderia o serviço do metrô até áreas residenciais mais distantes (MANGAN, 2013). Aumentar a acessibilidade promove o acesso a áreas com concentração de trabalho, além de intensificar o uso dos sistemas de transporte público aos quais estão integrados (ZUO, WEI e CHEN, 2020).

As estratégias para implementação ou ampliação do uso de bicicletas envolvem: infraestrutura, acessibilidade, segurança, conveniência, promover o uso através da educação, eventos, publicidade, aumentar os custos para veículos, aumentar a disponibilidade de bicicletas compartilhadas e estratégia de planejamento urbano alinhada com políticas públicas (FRAME, ARDILA-GOMEZ e CHEN, 2017; MARQUES, HERNANDEZ-HERRADOR, *et al.*, 2015; SPECK, 2017).

Estudos recentes demonstram que a bicicleta como alimentador na primeira e última milha promove o uso do transporte público e reduz a dependência de veículos automotores (FAN, CHEN e WAN, 2019) além de estar atrelada a estratégias de políticas para a preservação e melhoria do meio-ambiente (FRAME, ARDILA-GOMEZ e CHEN, 2017). A primeira e última milha são questões a serem solucionadas para chegar às rotas de transporte para embarcar e para chegar ao destino após o desembarque, seja ele feito por ônibus ou metrô (QIN, LEE, *et al.*, 2018) ou seja, trata-se do trajeto que conecta residências ou destino ao transporte (ZUO, WEI e CHEN, 2020).

Para acesso em primeira e última milha a transportes de modo metroviário são considerados um tempo de 10 a 15 minutos no máximo, correspondendo de 1 a 1.2 quilômetros para pedestres e 1.6 a 2.4 quilômetros para ciclistas (SEGETH, 2015). Além do tempo, outras quatro variáveis que podem influenciar a escolha pelo modo são: (i) custo, (ii) tempo para embarque, (iii) tempo de viagem e (iv) tempo de espera (CHEN, CHEN e WU, 2020). Também é importante salientar que apesar das variáveis citadas acima, os usuários consideram andar mais do que normalmente andariam para chegar a uma parada de ônibus, se existir a possibilidade de acessar estações de metrô (MANGAN, 2013).

Nesse sentido, a bicicleta surge no contexto do transporte público como complemento para as lacunas deixadas pelo sistema metroviário, fornecendo a solução da primeira e última milhas (ZUO, WEI e CHEN, 2020). Dentre as opções de primeira e última milha para modos metroviários, estão:

- Primeira Milha: Caminhada, carro, ônibus, bicicleta.
- Metro
- Última Milha: Caminhada, carro, ônibus, bicicleta.

O uso de bicicletas no contexto urbano implica em fatores que incentivam ou desestimulam na hora da escolha e são separados em: (i) benefícios do uso da bicicleta, (ii) barreiras no uso e (iii) disponibilidade de infraestrutura adequada (FECCHIO e STRAMBI, 2018). Independente da modalidade, possuem a capacidade de aumentar a cobertura do metrô em média três vezes, aumentando o número de passageiros e possibilitando a diminuição do tempo de percurso (PAIVA, 2013). São

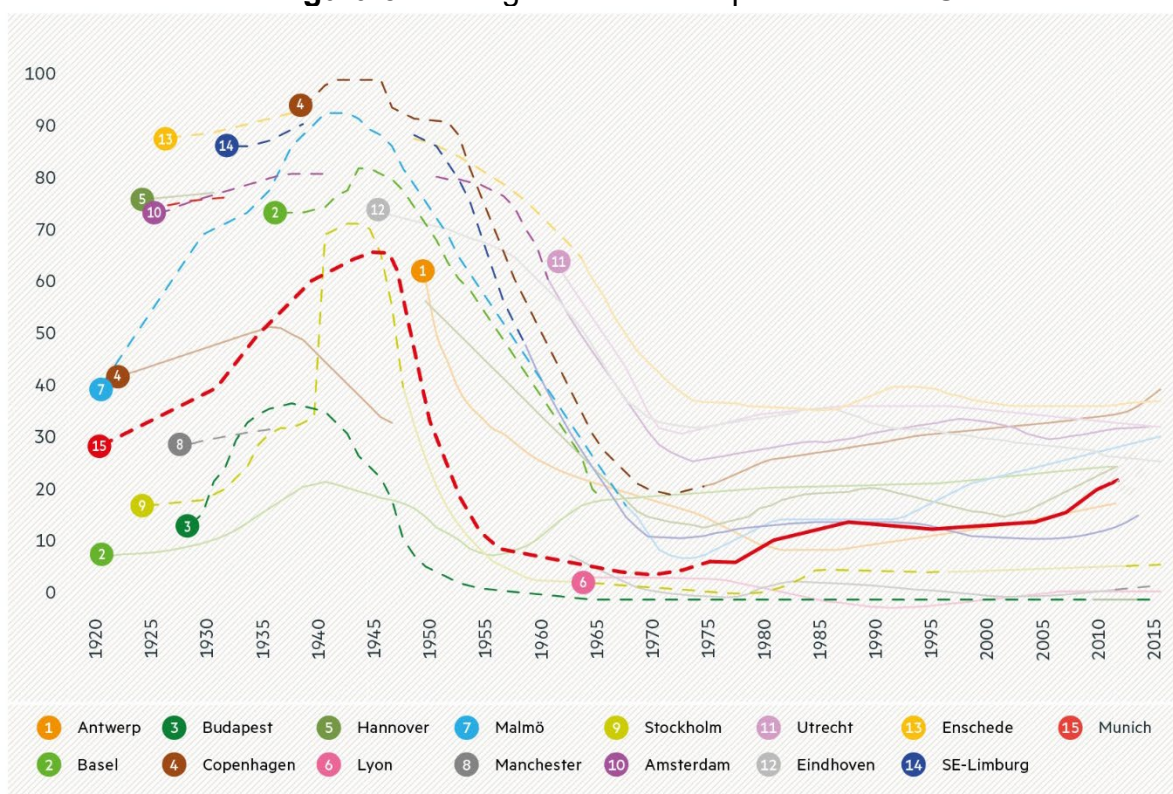
um ótimo complemento do transporte público, mas deve-se levar em conta o nível de desenvolvimento do sistema público de transporte (FAN, CHEN e WAN, 2019).

Além das vantagens operacionais, também são considerados outros aspectos na escolha da bicicleta como complemento ao modo metroviário, tais como: (i) roubos; (ii) segurança; (iii) acidentes; (iv) disponibilidade de vestiários; (v) acesso a água; (vi) quantidade de veículos circulando nos arredores da estação; (vii) proximidade entre veículos e ciclistas nos deslocamentos; (viii) flexibilidade do modo de transporte; (ix) custos; (x) manutenção; (xi) questões ambientais; e (xiii) economia (PAIVA, 2013).

O Global Designing Cities Initiative (2018) estima que a maior parte da população encontra-se na classificação de público interessado, mas apreensivo que evita o uso do transporte por bicicleta em rotas compartilhadas com veículos ou interações com esses. Por estimar-se que esse público corresponde a 60% da população, é importante investimentos em rotas mais seguras para garantir a ampla adesão desse público, com infraestrutura cicloviária e redes conectadas garantindo os deslocamentos seguros.

Existem variáveis que favorecem a utilização de sistemas multimodais que integram bicicleta e metrô: (i) rotas cicláveis até as estações metroviárias; (ii) pontos de transferência; (iii) bicicletas compartilhadas; (iv) bicicletários ou paraciclos (PAIVA, 2013); (v) *dockless*, o recente sistema de bicicletas compartilháveis sem paraciclos; e o (vi) transporte com a bicicleta dentro do vagão. O uso de bicicletas compartilhadas, ou mesmo próprias, cresceu nos últimos anos (Figura 3) e tem sido uma das alternativas mais adotadas na escolha de modo para a última milha (CHEN, CHEN e WU, 2020). No entanto, sua escolha como modo para primeira e última milha é afetada diretamente pela disponibilidade dessas por área (FAN, CHEN e WAN, 2019).

Figura 3 - Tráfego de bicicletas por cidade na UE



Fonte: BRUHEZE A., OLDENZIEL R. (2018) The Munich Experience

2.5.1 Estações de Bicicleta Compartilhada

O primeiro sistema de bicicleta compartilhada foi lançado em Amsterdam em 1965, no qual bicicletas brancas eram colocadas à disposição do público, mas o uso inapropriado dos equipamentos levou ao fim programa. Posteriormente, uma segunda geração de bicicletas compartilhadas foi implantada em Copenhague com bicicletas robustas e um sistema no qual o usuário faria o depósito de uma moeda para utilizar o equipamento. Os roubos de bicicletas eram um problema e a partir daí foram implantados sistemas de rastreamento das bicicletas. A terceira geração passou por aperfeiçoamentos tecnológicos com bicicletas trancadas magneticamente e cartões magnéticos (DEMAIO, 2009). A terceira geração de bicicletas deu início ao sistema utilizado atualmente com avanços tecnológicos ao longo dos anos. Estima-se que o surgimento dos sistemas compartilháveis influencia significativamente na escolha de modo de transporte dos passageiros que conseqüentemente diminuem o uso do carro (FAN, CHEN e WAN, 2019).

As Estações de Bicicleta Compartilhada (EBCs) tradicionalmente funcionam por meio de travamento e destravamento dos veículos através de aplicativos onde o usuário realiza o cadastro e pagamento do aluguel. O seu uso está condicionado ao tempo limite que varia de acordo com os planos oferecidos pela empresa responsável (NASCIMENTO, M. CAVALCANTE, C., 2018). Apesar das EBCs restringirem tanto origem quanto destino e reduzirem a acessibilidade e flexibilidade se comparadas com a modalidade *dockless* (GAO, YANG, *et al.*, 2021), elas proporcionam maior segurança quanto ao equipamento.

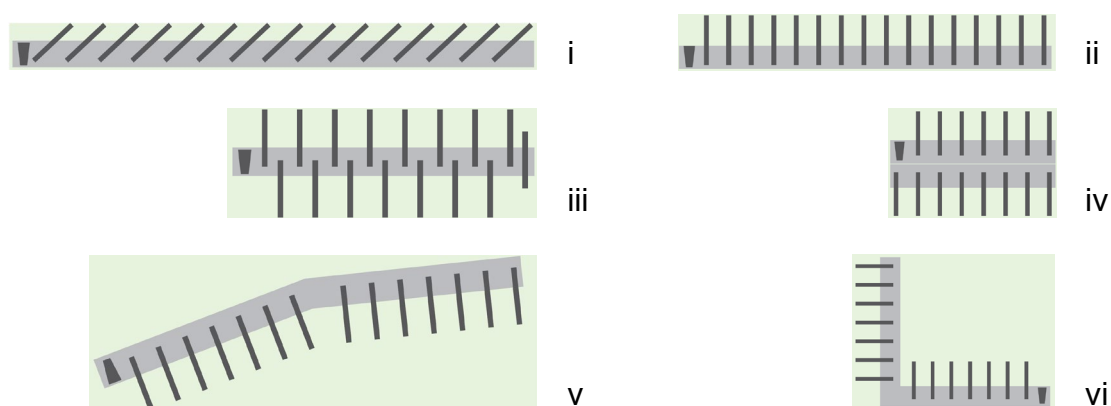
A maioria das EBCs são lançadas em fases ou etapas. Mas a primeira fase deve ser significativa e densa para garantir a convivência e confiabilidade dos usuários com o sistema (ITDP, 2014). Também devem ser orientadas pelos seguintes aspectos propostos pelo ITDP (2018) e CET (2018):

- i. Densidade com distribuição uniforme para que estações próximas sirvam de apoio aos usuários;
- ii. Conectar-se aos sistemas de transporte público existentes promovendo a conectividade entre os modos
- iii. Inseridas em áreas com infraestrutura cicloviária
- iv. Inseridas em áreas de uso misto promovendo o uso em vários horários do dia
- v. Inseridas em áreas que não sejam isoladas
- vi. Inseridas em áreas que promovam segurança
- vii. Estações instaladas em vagas seguindo o modelo de *parklets* ou espaços livres;
- viii. Devem ser considerados os espaços de circulação de pedestres, retirada e colocação de bicicletas na estação.
- ix.

Os tipos de estações variam em formato (Figura 4) e sistema e podem ser adotados os seguintes formatos de EBCs (NACTA, 2016):

- i. Estação linear e bicicletas estacionadas em 45°;
- ii. Estação linear e bicicletas estacionadas em 90°;
- iii. Estação linear e bicicletas estacionadas em ambos os lados;
- iv. Estação linear e bicicletas estacionadas em ambos os lados de costas;
- v. Estação curva ou angulada;
- vi. Estação em 90°.

Figura 4 – Formatos de EBCs



FONTE: NACTO (2016)

2.5.2 Bicicletas sem estação – Dockless

Diferente das Bicicletas com estação, as *dockless* são bicicletas que podem ser estacionadas ou devolvidas em qualquer lugar dentro de zonas de estacionamento virtual e seu custo é baixo se comparado com bicicletas com estação (ITDP, 2018; EBRAHIMI, Z. D. et al., 2022). Os veículos são equipados com travamento e sistema de GPS integrado à bicicleta possibilitando a produção de maior número de dados de viagens (ITDP, 2018). A modalidade também possibilita maior flexibilidade quanto a origem e destino, mas essa mesma característica acarreta a distribuição não uniforme dos veículos causando aglomerações em áreas com maior demanda (EBRAHIMI, Z. D. et al., 2022).

2.5.3 Bicicletas elétricas

As bicicletas elétricas possuem funcionamento similar às demais, com a diferença que é necessário fornecimento de energia nas estações para que a sua recarga ocorra. As estações são permanentes e podem possuir ou não painéis fotovoltaicos, os veículos são equipados com baterias de lítio e motor acionado por pedal assistido (ITDP, 2018).

O sistema de bicicleta elétrica compartilhada também possui maior custo de implementação, tendo em vista que a infraestrutura e o veículo possuem valor de custo mais elevado que as bicicletas compartilhadas com ou sem estação (ITDP, 2018). Além do investimento para implantação das bicicletas elétricas, a atuação da gestão na sua incorporação ao transporte urbano deve ser direcionada à redução de riscos, pois trata-se de um veículo que alcança maiores velocidades e pode influenciar tanto o tráfego de pedestres quanto de veículos, situação agravada pela falta de legislação delimitando sua circulação no âmbito urbano (GIZ, 2021).

2.6 Métodos para localização de estações de bicicleta compartilhada

Os métodos tradicionais para localização, dimensionamento e posicionamento de EBCs são estudos de viabilidade conduzidos por empresas especializadas contratadas pela gestão municipal. A localização é definida pela densidade populacional, área de cobertura mínima, presença de infraestrutura de transportes, entre outros critérios como presença de comércio e áreas atrativas (ITDP, 2018; TEMBICI, 2018; GIZ, 2021).

No entanto, a literatura aponta que esses métodos não são precisos, tendo frequentes problemas como estações que não atendem a áreas residenciais, estações ou estacionamentos muito distantes, ou mesmo a falta de bicicletas ou vagas para a devolução nas estações (EBRAHIMI, et al., 2022; SHU, 2019). No caso de bicicletas *dockless*, a aglomeração de bicicletas em um só ponto é um problema apontado na bibliografia (CHEN, et al., 2021; EBRAHIMI, et al., 2022; GAO, et al., 2021). Esses métodos propõe a otimização de localização de EBCs, mas são fundamentados no melhor posicionamento de estações já existentes ou na análise de dados já existentes

de passageiros que fazem uso do equipamento (CHEN, et al., 2021; EBRAHIMI, et al., 2022; SHU, et al., 2019; WANG, et al., 2020).

CHEN, et al. (2021), propõe o sistema dinâmico para melhor posicionamento de bicicletas *dockless*, que analisa dados de aglomeração de bicicletas devolvidas, análise de rotas e previsão de locação de bicicletas para recomendar um layout de posicionamento de bicicletas. O modelo prevê e otimiza a oferta de bicicletas com base em dados de demanda com o objetivo de ser mais conveniente para o usuário e consequentemente aumentando a procura do modo.

EBRAHIMI, et al. (2022), utilizam SIG para visualizar a distribuição espacial de EBCs e identificar problemas de localização e alocação. Os autores fazem uso de dados de acesso às bicicletas para medir a acessibilidade ao serviço em áreas comerciais e residenciais. A metodologia considera distância percorrida a pé e EBCs que competem entre si numa mesma região para realizar a proposta de remanejamento de EBCs e aumentar a cobertura para áreas residenciais mais distantes do centro.

SHU, et al. (2019), propõe um método para melhoria da mobilidade diária de sistemas já implantados e argumentam que a distância entre origem e EBC influencia na sua adesão nas cidades. Os autores propõem um método que estima a melhor localização de EBCs para diferentes usos do solo e diferentes características populacionais. WANG, et al. (2020), propõe um modelo de otimização de dois níveis, onde dados de demanda, oferta de usuários e distribuição de bicicletas entorno de estabelecimentos são utilizados para otimizar o posicionamento da distribuição de bicicletas *dockless*. No entanto esses métodos encontrados não são direcionados para áreas que não possuem dados preexistentes de passageiros que fazem uso de bicicletas compartilhadas ou mesmo para fases iniciais de implantação de EBCs.

Um estudo sistemático realizado por BAHADORI, et al. (2021), revela que existem três modelos de localização de sistemas de bicicleta compartilhada (SBC), são eles: algoritmos matemáticos, decisão multicritério e modelagem em SIG, sendo que alguns combinam os modelos na metodologia. BAHADORI, et al. (2021), também aponta que existe uma lacuna em metodologias que proponham soluções para fases

iniciais de implantação, existe também falha uniformização de dados de SBC, além de ressaltar a importância do uso de SIG para melhor avaliar soluções e problemas.

2.7 Análise espacial de Interações: o *Distance Decay*

Na literatura, há diversos métodos para tentar capturar interações e respectivas forças em âmbito do espaço. Algumas tentam captar esses aspectos na forma de análise de redes, já outras utilizam como variável principal a distância ou o tempo. Dentre elas, o *distance decay* diz respeito aos efeitos da distância na interação entre dois pontos. Trata-se de preceito de análise espacial que utiliza modelos gravitacionais para explicar interações espaciais onde a medida em que se aumentam as distâncias, as interações diminuem. O modelo pega emprestado as equações de força gravitacional para explicar, por exemplo, por que uma loja local tem um raio de atratividade menor que um shopping center (PUN-CHENG, 2016).

O Distance Decay é utilizado para medidas de acessibilidade, que diz respeito à capacidade espacial e financeira de uma pessoa acessar um destino (GIANNOTTI, TOMASIELLO e BITTENCOURT, 2022; PUN-CHENG, 2016; STĘPNIAK e ROSIK, 2018). Nas análises de fluxos e distâncias é possível integrar informações de uso do solo, fluxos de mercado, transporte e observar em gráficos numéricos ou gradiente a redução das forças de interações espaciais à medida que se aumentam as distâncias (PUN-CHENG, 2016). Nesse caso, a distância é o fator que influencia a distribuição ou mesmo explica um determinado fenômeno e o *distance decay* reflete como a demanda de viagens muda com as distâncias do trajeto (CARDOZO e SILVA, 2015; GAO, YANG, *et al.*, 2021).

Segundo PUN-CHENG (2016), alguns dados são essenciais para as análises:

- Origem e Destino (OD) – a nível local ou nacional
- Dados sociodemográficos – idade, renda, entre outros dados necessários para se prever as interações dos grupos
- Serviços ao redor dos destinos – podem constar custos, popularidade, entre outros para se medir o grau de atratividade

- Dados de viagens individuais – coletados de entrevistas, dados de transporte, dados de tráfego, entre outros.

No entanto, obtém-se resultados específicos a medida em que se incluem outros dados para compor os padrões, tais como: velocidade média, trajeto recomendado (GAO, YANG, *et al.*, 2021), latitude e longitude (DREZNER, DREZNER e ZEROM, 2020), dados de infraestrutura de transportes, dados de investimentos em transportes (STĘPNIAK e ROSIK, 2018), dados de empresas (MANOUTA, BONNELA e BOUZOUINAA, 2018) e *walkscores*, *transitscores* (BREE, FULLER e DIAB, 2020). Na abordagem convencional utilizava-se dados de viagens domiciliares e diários de viagens que eram coletados por meio de entrevistas, porém com novas integrações de viagens a aplicativos, cartões de transporte, dados em larga escala coletados por empresas de transporte, dados móveis e mídia social, é possível melhorar as amostras com cobertura geográfica e demográfica (GAO, YANG, *et al.*, 2021).

Os dados utilizados para o cálculo de *distance decay* permitem a visualização gráfica da diminuição da demanda com o aumento das distâncias desde o ponto de destino. Em alguns casos, o *distance decay* possui uma curva acentuada indicando menor atratividade do destino, mas por outro lado as curvas que demoram mais para decair com relação à distância indicam maior atratividade do ponto observado (CARDOZO e SILVA, 2015).

Para medidas de acessibilidade deve-se considerar que a infraestrutura de transportes é influenciada por externalidades e quaisquer mudanças influenciam nas métricas e interpretações de resultados (STĘPNIAK e ROSIK, 2018). Além disso, o *distance decay* em uma única cidade pode variar de um bairro para outro pela diferença de padrões sociais existentes dentro da malha urbana (GAO, YANG, *et al.*, 2021). O principal motivo da alteração dos resultados são as variáveis que compõe o valor de β , conforme demonstrado por Stępnik e Rosik (2018): “diferentes valores de β levam a resultados diferentes, tanto em termos dos valores absolutos de acessibilidade quanto de seu padrão espacial” (Equação 1).

Para cada área a ser analisada, aplica-se o modelo gravitacional (Equação 1) proposto por FOTHERINGHAM (1981):

$$I_{ij} = \alpha_i m_j^{\gamma_i} d_{ij}^{\beta_i} \quad (1)$$

Onde:

I_{ij} : é a interação entre a origem i e o destino j ;

m_j : é a atração de j ;

d_{ij} : é a distância entre i e j ;

α_i , γ_i e β_i : são parâmetros específicos da origem. β_i é o parâmetro do *distance decay* específico da origem.

Para interpretar os gráficos de *distance decay*, primeiramente observa-se o valor de β . Quanto maior o valor de β , mais curta é a viagem, resultando em um padrão policêntrico, com hotspots de acessibilidade, isso significa que o efeito se limita ao local e afeta apenas o entorno imediato. Valores de β menores tem efeitos mais visíveis, com cobertura de acessibilidade em áreas maiores (STĘPNIAK e ROSIK, 2018).

Para melhor direcionar a escolha das ferramentas corretas, apresenta-se a seguir uma breve análise dos resultados e quais melhor se adequariam aos objetivos dessa pesquisa. Gao, K., Yang, Y., Li, A. e Qu, X. (2022) utilizam 6 ferramentas para a obtenção das curvas de *decay* e identificação de áreas onde bicicletas *dockless* possuem curvas mais rápidas, os resultados obtidos auxiliam na avaliação do raio de implantação das estações de bicicletas, mas só será possível fazer essa análise caso existam dados preexistentes nas regiões de interesse para a implantação. Zheng, Z; Zhou, S.H. e Deng, X.D. (2021) utilizam a sintaxe espacial, entre outras ferramentas, para avaliar padrões de deslocamento e obtém informações relevantes como a observação de que o uso misto do solo não garante o equilíbrio dos deslocamentos dentro dos centros urbanos no contexto avaliado, porém para a proposta a metodologia auxiliaria na visualização de polos geradores de viagem e não áreas potenciais de implantação.

Drezner, T.; Drezner, Z. e Zerom, D. (2020), para avaliar o grau de atratividade de estabelecimentos e previsão de locais com melhor potencial de implantação de novos comércios, utilizam um método simplificado e confirmam os resultados obtidos

com as previsões através de questionários, mas por utilizar dados simplificados pode apresentar leituras equivocadas em contextos diferentes, conforme sugerido na literatura (GIANNOTTI, TOMASIELLO e BITTENCOURT, 2022; YANG, LI, *et al.*, 2021; DEMISSIE, PHITHAKKITNUKOON e KATTAN, 2019; STĘPNIAK e ROSIK, 2018). Já Mostarac, K.; Kavran, Z. e Rakic, E. (2019), aplicam os modelos ao SIG para identificar o nível de acesso às estações de correio e pode ser aplicado à pesquisa para melhorar a implantação das estações a cada faixa de acessibilidade definida.

Stępniaak, M.; Rosik, P. (2018), utilizam função de impedância e modelo de dispersão para avaliar a mudança nos padrões de deslocamento com as migrações e sua metodologia reforça a influência de β na leitura dos resultados e identifica os fatores com maior peso nos cálculos. Similarmente, Giannotti, M.; Tomasiello, D. B.; Bittencourt, T. A. (2022), reforçam que os valores de β podem alterar a leitura dos mapas e demonstram invertendo os valores para diferentes grupos sociais.

Função exponencial de *decay* (Equação 2) produz melhores resultados que as demais (DREZNER, DREZNER e ZEROM, 2020; GIANNOTTI, TOMASIELLO e BITTENCOURT, 2022)

$$f(d, \lambda) = e^{-\lambda d} \quad (2)$$

d : distância euclidiana entre origem e destino

λ : valor de *decay* para cada estação obtido por meio da divisão da covariância pela variância com dados das distâncias e seus respectivos acessos de metrô.

Portanto, a fórmula final fica conforme a equação 3, quando utilizadas as informações

$$I_{ij} = m_j d_{ij} f(d, \lambda) \quad (3)$$

I_{ij} : é a interação entre a origem i e o destino j ;

m_j : é a atração de j ;

d_{ij} : é a distância entre i e j ;

$f(d, \lambda)$: é a função exponencial de *decay*;

Através da aplicação da fórmula 3 e com a utilização de poucos dados, é possível calcular o decaimento de cada área com relação à distância;

3 PROPOSTA METODOLÓGICA

O presente capítulo apresenta a proposta metodológica para localização de áreas para instalação de estações de bicicletas compartilhadas para atender as demandas dos passageiros das estações de transporte público de massa sobre trilhos. Para isso, o método fica composto de 7 etapas:

- Etapa 1 - Definição da área de estudo;
- Etapa 2 - Identificação das características necessárias para uma estação de bicicleta compartilhada
- Etapa 3 – Cálculo de *distance decay* para previsão das áreas de implantação de estações de bicicleta
- Etapa 4 - Identificação dos potenciais de localização da estação de bicicleta nas proximidades do transporte público de massa;
- Etapa 5 - Identificação da localização da estação de bicicleta compartilhada em outras localizações de forma a aumentar a integração com o transporte público de massa;
- Etapa 6 - Identificação da frota de bicicletas necessárias;
- Etapa 7 - Desenho de uma estação padrão de bicicleta compartilhada.

3.1 Etapas metodológicas

A seguir as etapas metodológicas serão detalhadas:

Etapa 1: Definição da área de estudo:

A definição da área de estudo é realizada utilizando um sistema de informação geográfica identificando:

- i. linha de transporte público de massa que se pretende integrar por meio da bicicleta compartilhada e suas respectivas estações;

- ii. área de influência da linha de transporte definido pela distância que um ciclista possa percorrer.

Delimitação da área de estudo: Para os pedestres, são considerados um tempo de caminhada de 10 a 15 minutos, correspondendo de 1 a 1.2 quilômetros, no mesmo intervalo de tempo uma bicicleta faria 1.6 a 2.4 quilômetros (SEGTH, 2015). A utilização de bicicletas, não importa em qual modalidade, tem a capacidade de aumentar a cobertura do metrô em média três vezes, aumenta o número de passageiros, possibilita a diminuição do tempo de percurso (PAIVA, 2013). Para o autor, seria cerca de 7,5km. Para efeito deste trabalho, optou-se por tempo equivalente à média percorrida a pé para substituição de modo caminhada por modo bicicleta como sugerido no relatório da SEGHT (2015). Adota-se, portanto, 2,4km de área de cobertura ao redor de cada estação.

Para identificação da população abrangida a partir da área de influência, foram considerados os setores censitários abrangidos pelo raio de 2400 metros, o equivalente de 10 minutos a 15 minutos percorridos com o modo bicicleta. Foi adotado o raio de abrangência de 2400 metros e a interseção entre os círculos, quando houver, será dividida no seu ponto médio entre as áreas selecionadas pelo raio.

Para melhor tratamento dos dados, realiza-se a intersecção de geometrias em software SIG e refinamento dos dados em planilhas. Os dados censitários necessários para os cálculos são:

- i. Número de passageiros que utilizam o metrô por estação, obtidos nesse estudo através pesquisas domiciliares de mobilidade urbana do Distrito Federal;
- ii. Zona censitária de origem do passageiro, obtidas em pesquisas domiciliares de mobilidade urbana do Distrito Federal.

Dividiu-se os setores censitários através da seleção e intersecção em software SIG para cada buffer, visando a análise independente de cada um. Aplica-se a ferramenta de distância euclidiana com ponto de origem na estação correspondente e destino no centroide definido de cada setor censitário para a obtenção da distância entre origem e destino e sua aplicação na fórmula de *distance decay*.

Os dados censitários e distâncias são inseridos em planilha para aplicação da Equação 3 descrita anteriormente. Os valores de distância, número de passageiros são utilizados para calcular a variância e covariância de cada zona censitária gerando um valor de β . Esse valor é utilizado para calcular a função exponencial e multiplicado pelo número de moradores de cada zona que acessa o metrô, gerando um valor final que chamaremos de parâmetro de *decay*. O parâmetro de *decay* é então aplicado no software SIG para visualização gráfica dos setores mais propensos à utilização de bicicletas e metrô com base no comportamento atual daquela região, possibilitando a localização mais favorável da implantação da estação de bicicleta compartilhável.

Etapa 2: Identificação das características necessárias para uma estação de bicicleta compartilhada

As estações de bicicleta são espaço destinado ao seu estacionamento, do serviço de compartilhamento, dotado de equipamento com sistema de travamento para permanência, retirada e devolução de bicicletas, e de terminal ou totem, com informações sobre a operação do sistema. Para isso são necessários identificar:

- i. Regulamentação autorizando a instalação e operação das estações com locais de permanência, retirada e devolução do serviço de bicicletas compartilhadas de uso público com estação;
- ii. Aspectos legais de regulamentação como leis, decretos e resoluções que permitam a implantação, manutenção e a operação do serviço de compartilhamento de bicicleta;
- iii. definir parâmetros que são necessários no dimensionamento das estações com suas distancias mínimas de acordo com a sua localização (nas vias, calçadas ou canteiros)

Etapa 3: Cálculo do *distance decay* para delimitação da área de implantação de estações compartilhadas

Para calcular o *distance decay* são necessários dados básicos de modo de deslocamento da área de interesse, que demonstre números de acessos por região, seja zona censitária, CEP ou bairro. Além disso, quando não existem dados precisos

da distância do passageiro desde a origem (habitação) até o destino (estação), pode-se extrair a distância euclidiana entre o centroide da área e a estação analisada.

Para a coleta de alguns desses dados, são necessários alguns processos em software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para coleta de informações como distâncias euclidianas, setores censitários dentro da área definida da cobertura do metrô, bem como o cruzamento de dados das geometrias georreferenciadas (*shapefiles*) e planilhas não georreferenciadas. Portanto é necessária a importação das *shapefiles* e planilhas para o *software* SIG. Seguem-se os procedimentos detalhados no Quadro 1.

Quadro 1 – Quadro de processo metodológico QGIS

Tratamento de dados georreferenciados	Operação “ <i>JOIN</i> ” entre mapas de setor censitário e planilha de dados por zona censitária;
	Criação de raio ou “ <i>Buffer</i> ” de 2,4km para cada estação de metrô, sendo esta o centro do raio;
	Operação de corte da intersecção entre as geometrias dos “ <i>buffers</i> ” de cada estação a ser observada;
	Operação de “Intersecção” entre o “ <i>buffer</i> ” e as zonas censitárias de cada estação, separadamente
	Criação de “Centroide” de cada zona captada pela área do “ <i>buffer</i> ”
	Exportação das tabelas de atributos das zonas censitárias de cada estação de metrô e tabelas de distâncias entre zonas (origem) e estação de metrô (destino)
Tratamento de dados exportados em planilhas	Seleção das zonas censitárias e seus respectivos dados (área, população, número de entrevistados, viagens de metrô realizadas por zona, tempo médio de deslocamento), separadamente para cada estação de metrô

	Soma das informações de cada residência para obtenção do total por zona
	Cálculo de <i>distance decay</i> para cada zona de cada estação de metrô
	Criação de gráfico de dispersão dos resultados de <i>Distance decay</i> para a obtenção da curva de decadência de cada estação de metrô observada
Importação de dados tratados para SIG	Importação das tabelas com resultados de <i>Distance Decay</i> de cada zona
	“JOIN” entre tabelas de <i>distance decay</i> e shapefiles georreferenciados de zonas
	Ajuste de visualização das informações de <i>Distance decay</i> para visualização em gradação de cores para dados a serem observados

Fonte: Elaboração própria

Etapa 4: Identificação dos potenciais de localização da estação de bicicleta nas proximidades das estações de transporte público coletivo.

Para localização das áreas de interesse de implantação das estações de bicicleta compartilhada, o ITDP especifica algumas características para serem levadas em consideração. Portanto, primeiramente deve-se localizar as áreas (ITDP, 2014; ITDP, 2018; CET, 2018):

- i. De estacionamento público, áreas livres ou com pouca circulação de pedestres
- ii. Áreas de uso misto

Após a identificação das áreas, as características para a localidade das estações definirão melhor os espaços de implantação (ITDP, 2014; ITDP, 2018; CET, 2018):

- iii. Áreas com iluminação pública;

- iv. Áreas ensolaradas;
- v. Proximidade com estações de transporte público;
- vi. Áreas de fácil acesso;
- vii. Proximidade com ciclovias

Em suma, para a determinação de áreas com potencial para implantação de estações de bicicletas compartilhadas, segue-se a sequência metodológica proposta no Quadro 2:

Quadro 2 – Quadro de processo metodológico para áreas potenciais

Delimitação das zonas censitárias de interesse para instalação de estações de bicicleta	Determinar as zonas censitárias com aplicação do mapa de <i>distance decay</i>
	Selecionar as zonas censitárias com potencial de uso de metrô
	Selecionar os espaços com potencial de instalação de estações de bicicleta compartilhada para avaliação
	Eliminar as zonas censitárias que não cumprem os requisitos necessários

Fonte: Elaboração própria

Etapa 5: Identificação da localização da estação de bicicleta compartilhada em outras localizações da área de influência de forma a aumentar a integração com o transporte público de massa;

Para a localização da estação deve se analisar as seguintes questões (ITDP, 2018; CET, 2018):

- i. verificar se as estações serão nas pistas ou no canteiro ou ainda nas calçadas;
- ii. verificar o nível de serviço em calçada, canteiros e área destinadas a pedestres;

- iii. identificação de faixas de travessia de pedestres ou guia rebaixada, de entrada e saída de veículos;
- iv. identificação da existência de acessos de manutenção pública ou equipamentos públicos na calçada;
- v. identificações de áreas não utilizáveis, tais como praças, ilhas e canteiros para não obstrução da circulação de pedestres;
- vi. avaliar as condições da realização de carga e descarga, e embarque e desembarque.
- vii. em esquinas, na continuidade da calçada, considerar o mínimo, de cinco metros do bordo do alinhamento, da via transversal;

Para a determinação do local para instalação de estações de bicicletas compartilhadas (EBC), segue-se a sequência metodológica proposta no Quadro 3:

Quadro 3 – Quadro de processo metodológico para determinação de implantação de EBC

Identificação de regiões potenciais	Identificação de regiões em software SIG, que cumprem os requisitos propostos pelo ITDP e CET (seção 2.5.1)
Mapa EBC	Gerar mapa final com a localização de áreas, dentro das regiões identificadas, para novas estações de bicicletas compartilhadas

Fonte: Elaboração própria

Etapa 6: Identificação da frota de bicicletas necessárias

O dimensionamento da frota de bicicletas será em função da densidade da zona censitária na qual a estação de bicicletas está inserida. Propõe-se a adoção do parâmetro de 10 a 30 bicicletas por 1000 habitantes (ITDP, 2018)

Etapa 7: Desenho de uma estação padrão de bicicleta compartilhada.

A partir do dimensionamento proposto pelo ITDP (2018), utiliza-se as medidas padrão de uma estação de bicicleta, podendo variar de acordo com o modelo da bicicleta ou modelo de estação padrão do fabricante. Para estimativa de dimensões,

adota-se as medidas de 75cm entre eixos de bicicletas, 180cm de profundidade se considerada uma estação simples ou 360cm se considerada uma estação com bicicletas estacionadas em ambos os lados (Figura 2).

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO

A área escolhida é a capital do Brasil, localizada na região do Centro-Oeste do país. O Distrito Federal (DF) é menor território do Estado, ocupando o total de 5.783km² e não possui municípios, tendo suas regiões denominadas como Regiões Administrativas (CODEPLAN, 2017). O DF está na região do Planalto Central, caracterizado por chapadas, solos antigos, colinas, vales e altitude que varia entre 950m e 1400m. Na mesma região estão as bacias dos rios São Bartolomeu, Preto e Descoberto, além de cursos d'água que fazem parte de sete outras bacias hidrográficas, fazendo necessária a delimitação de Áreas de Proteção de Mananciais – APMs (CODEPLAN, 2017)

4.1 Aplicação do Método: Estudo de Caso do Metrô do Distrito Federal

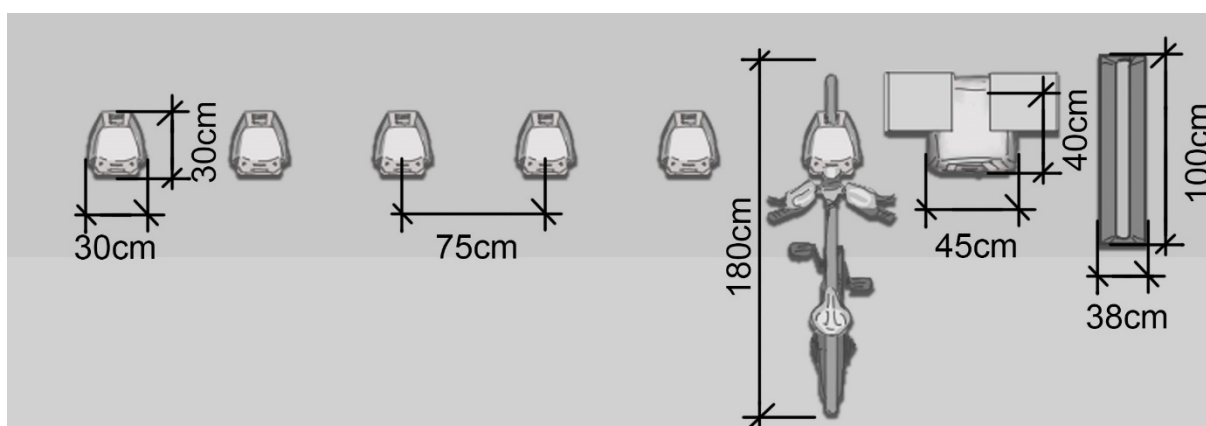
Para a obtenção de dados do sistema metroviário e censitários do DF, utilizam-se as bases do Plano de Desenvolvimento do Transporte Público Sobre Trilhos do Distrito Federal (PDTT/DF), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Secretaria de Mobilidade do Distrito Federal (SEMOB), Geportal do Distrito Federal, Plano de Mobilidade Urbana do Distrito Federal (PMU) e dados fornecidos em relatórios disponibilizados pela Companhia Metroviária do Distrito Federal (Metrô-DF).

Os principais dados utilizados são oriundos de pesquisa domiciliar realizada pelo Metrô-DF e disponibilizados pelo PDTT em formato de planilhas e mapas georreferenciados (*shapefiles*). Os dados contêm informações sobre modo de transporte utilizado pelo morador, tempo médio de deslocamento, zona censitária (ZC) do morador, ZC da origem da viagem, ZC do destino da viagem e motivo da viagem. Os mapas georreferenciados utilizados como base contêm informações de setores censitários do território, linha de metrô do Distrito Federal, estações de metrô e zoneamento do território, disponibilizados pelo geoportal do Distrito Federal.

Nessa pesquisa optou-se pela não utilização de isócronas, pois a falta de padronização e incompletude das bases geográficas disponibilizados pelo geoportal, IBGE e PDTT provocou lacunas nas conexões entre vias e estações não representando todos os acessos possíveis pelo modo ciclovitário, prejudicando a abrangência dos setores censitários. Alternativamente, foi adotado o raio de abrangência de 2400 metros, como distância euclidiana, e a interseção entre os círculos foi dividida no seu ponto médio entre as áreas selecionadas pelo raio.

A estação padrão utilizada para o estudo de caso é o modelo da estação TemBici (Figura 5), pois trata-se de companhia já ativa na região do DF. O tamanho necessário varia conforme o seu dimensionamento, portanto essa característica será abordada nas próximas etapas.

Figura 5 - Medidas de EBC Padrão

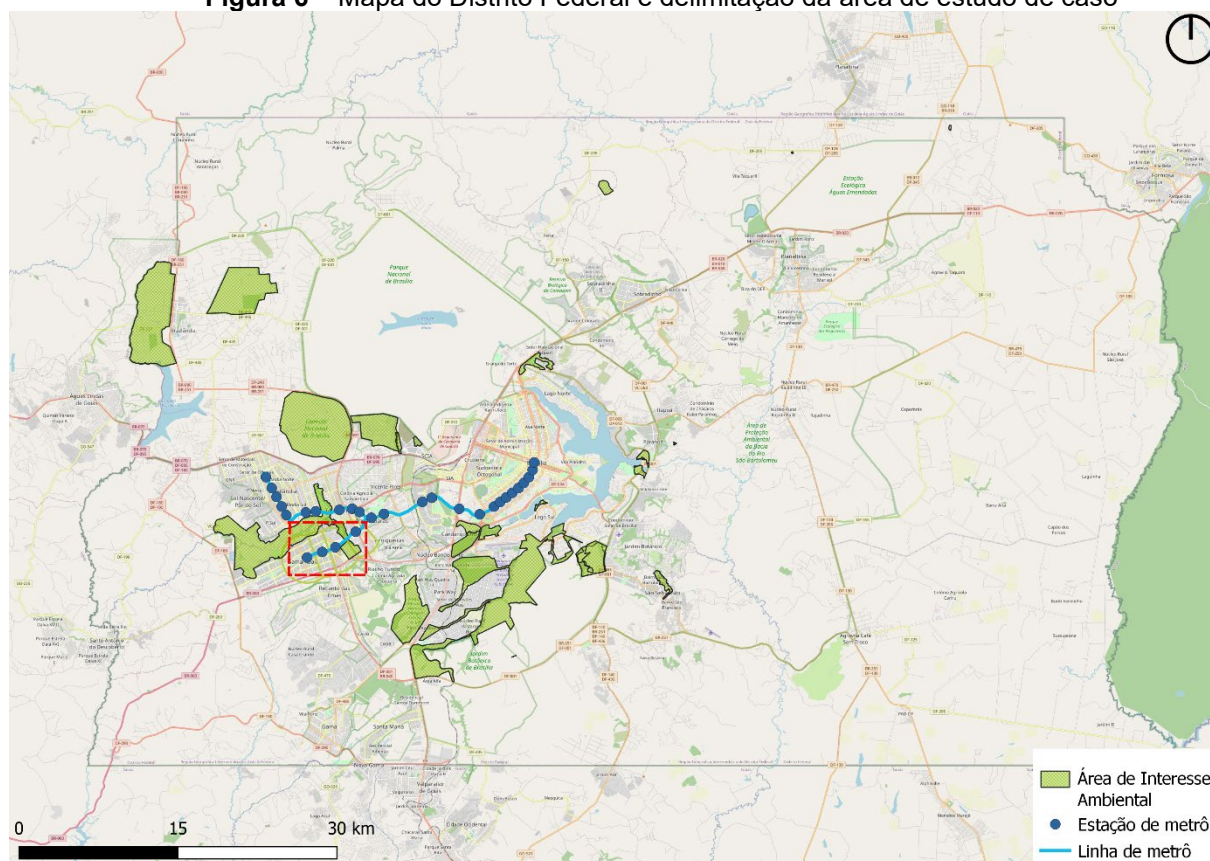


Fonte: Adaptação do projeto de EBC TemBici (TemBici, 2018).

4.1.1 Metro-DF

O sistema de metrô que opera no Distrito Federal é constituído por empresa pública do direito privado. São 42 Km de extensão, 24 estações em funcionamento e 32 trens com capacidade para 1086 passageiros. O sistema metroviário também possui duas estruturas de produção de energia solar garantindo o abastecimento das estações. O Índice quilométrico de passageiros (IPK), o número de passageiros transportado por média quilométrica, foi 11,98 em 2019 e em 2019 o metrô do Distrito Federal - Metro-DF, realizou 112.937 viagens (PCDF, 2019).

Figura 6 – Mapa do Distrito Federal e delimitação da área de estudo de caso



Fonte: Elaboração própria

Figura 7 - Mapa esquemático das linhas e estações de Metrô do Distrito Federal



Fonte: Metrô-DF (2023)

O Metrô-DF também conta com ferramentas complementares que auxiliam os passageiros, são elas: (i) aplicativo para dispositivo móvel que transmite em tempo real os horários dos trens, (ii) melhor escolha de rotas para chegar às estações e (iii) funções que permitem registrar depoimentos à empresa; (iv) painéis instalados nas estações com os respectivos horários dos trens em tempo real. É importante ressaltar que o tempo médio de trajeto de até 30 minutos é inferior à média nacional como demonstrado na Tabela 2. O perfil dos passageiros por modo, porcentagem de pessoas com idade igual ou superior a 10 anos, ocupadas durante a semana de

referência, pelo tempo habitual considerando trajeto de domicílio-destino principal – Comparação entre dados da média brasileira e média de Brasília também é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Tempo de trajeto habitual

LOCAL/ TEMPO	ATÉ 30 MINUTOS	DE 30 A 60 MINUTOS	MAIS DE 60 MINUTOS
BRASIL	65,3%	23,3%	11,4%
BRASÍLIA	47,3%	36,2%	16,5%

Fonte: Adaptado de dados da CNT (2016)

As estações são equipadas com paraciclos e bicicletários, e algumas estações possuem docas ou bicicletários para bicicletas compartilhadas, porém não são integradas ao sistema tratando-se de empresas que operam de forma independente. No total são disponibilizadas e distribuídas entre as 24 estações, 1.123 vagas para bicicletas (Secretaria de transporte e mobilidade, 2020).

4.1.2 Rotas cicláveis no Distrito Federal

A primeira ciclovia do Distrito Federal foi construída em 2006 objetivando conectar os bairros Lago Norte e Varjão. Ao longo dos anos a infraestrutura se expandiu e atualmente conta com 553,95 Km de extensão de pistas cicláveis. Mas as condições e a descontinuidade das pistas oferecem risco aos ciclistas (Secretaria de Transporte e Mobilidade, 2020). Desconexões entre pistas e estações de metrô também são observadas e devem ser consideradas na análise.

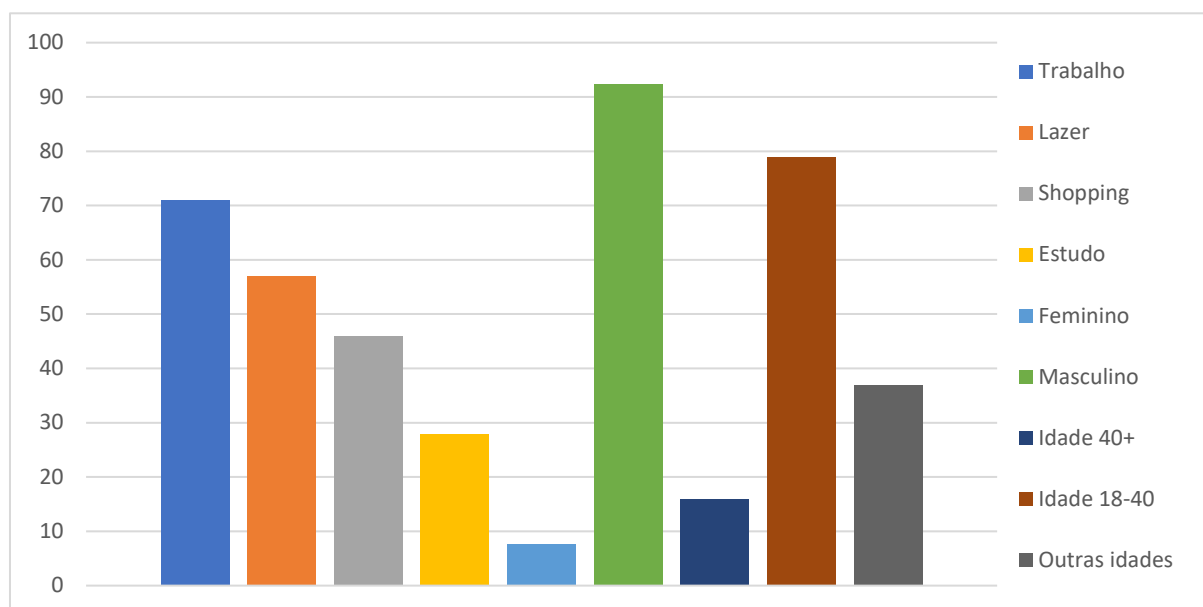
4.1.3 Dados

Tabela 3 – Perfil dos passageiros por modo

<i>Modo</i>	<i>Destination</i>	<i>Renda Alta</i>	<i>Renda Média Superior</i>	<i>Renda Média Inferior</i>	<i>Renda Baixa</i>
<i>Bicicleta</i>	Escola	-	0,9%	1,0%	1,7%
	Trabalho	1,9%	1,7%	2,3%	3,1%
<i>Metrô</i>	Escola	-	2,7%	1,2%	-
	Trabalho	1,0%	6,1%	3,6%	-

Fontes: Secretaria de transporte e mobilidade, 2020

Figura 8 - Perfil de ciclistas do Distrito Federal



Fonte: Adaptado de dados da Secretaria de transporte e mobilidade (2020)

Os ciclistas do Distrito Federal (Figura 8) possuem diferentes perfis e a distância entre habitação e escola/ universidade/ trabalho torna o deslocamento complementar uma realidade (Secretaria de transporte e mobilidade, 2020). Observa-se no quadro de perfis que o público feminino é consideravelmente menor que o público masculino. Também se observa que além do trabalho, o lazer e as atividades de compras possuem grande expressividade nos deslocamentos com bicicleta. Cabe a investigação, em se tratando do gênero dos ciclistas, de possíveis causas que interferem na escolha do público feminino quanto a bicicletas

4.1.4 Estações de metrô

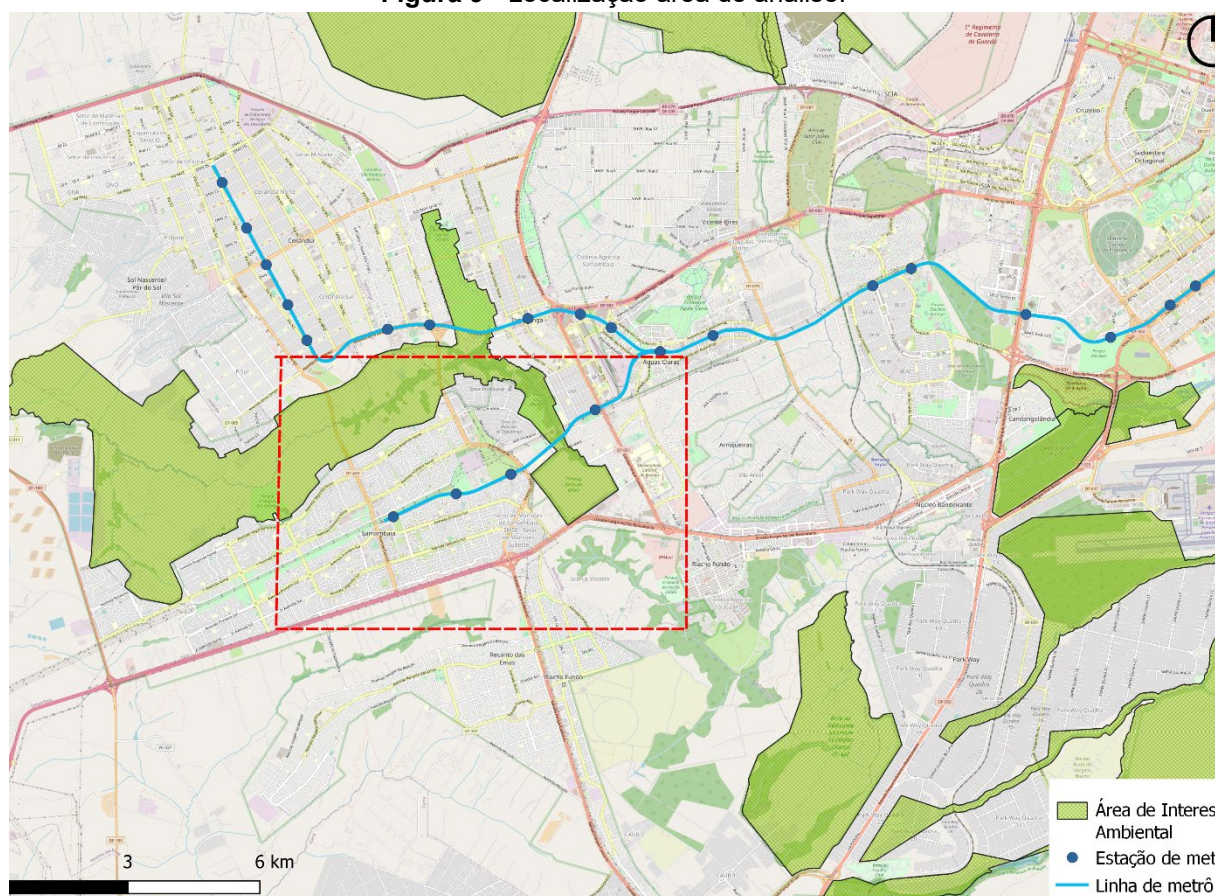
Para as análises do trabalho, optou-se pela linha laranja do metrô do Distrito Federal que possui estações que compreendem a área de Samambaia, sendo elas: Samambaia, Samambaia Sul, Furnas e em Taguatinga a estação Taguatinga Sul. A área definida possui maior densidade que a outra ramificação do metrô. A região também possui baixos índice de domicílios com automóvel e os valores de domicílios com bicicletas demonstra possível predisposição para andar de bicicleta, que deverá ser verificada com pesquisas de campo e entrevistas (Tabela 3).

Tabela 4 - Percentual de domicílios, por Região Administrativa, que possuem ao menos um automóvel, bicicleta e motocicleta

<i>Região Administrativa</i>	<i>% de domicílios que possuem automóvel</i>	<i>% de domicílios que possuem bicicleta</i>	<i>% de domicílios que possuem motocicleta</i>	<i>% de domicílios que possuem vaga de garagem</i>
<i>Águas Claras Vertical</i>	86,5%	39,4%	4,8%	94,2%
<i>Plano Piloto</i>	86,3%	45,9%	5,9%	67,3%
<i>Guará</i>	82,5%	40,3%	8,2%	86,0%
<i>Águas Claras Taguatinga</i>	73,7%	40,4%	9,8%	85,4%
<i>Samambaia</i>	68,9%	31,4%	7,4%	81,3%
<i>Ceilândia</i>	55,2%	38,6%	9,1%	84,4%
<i>Distrito Federal</i>	54,4%	31,9%	7,9%	86,7%
	67,2%	39,6%	8,4%	81,1%

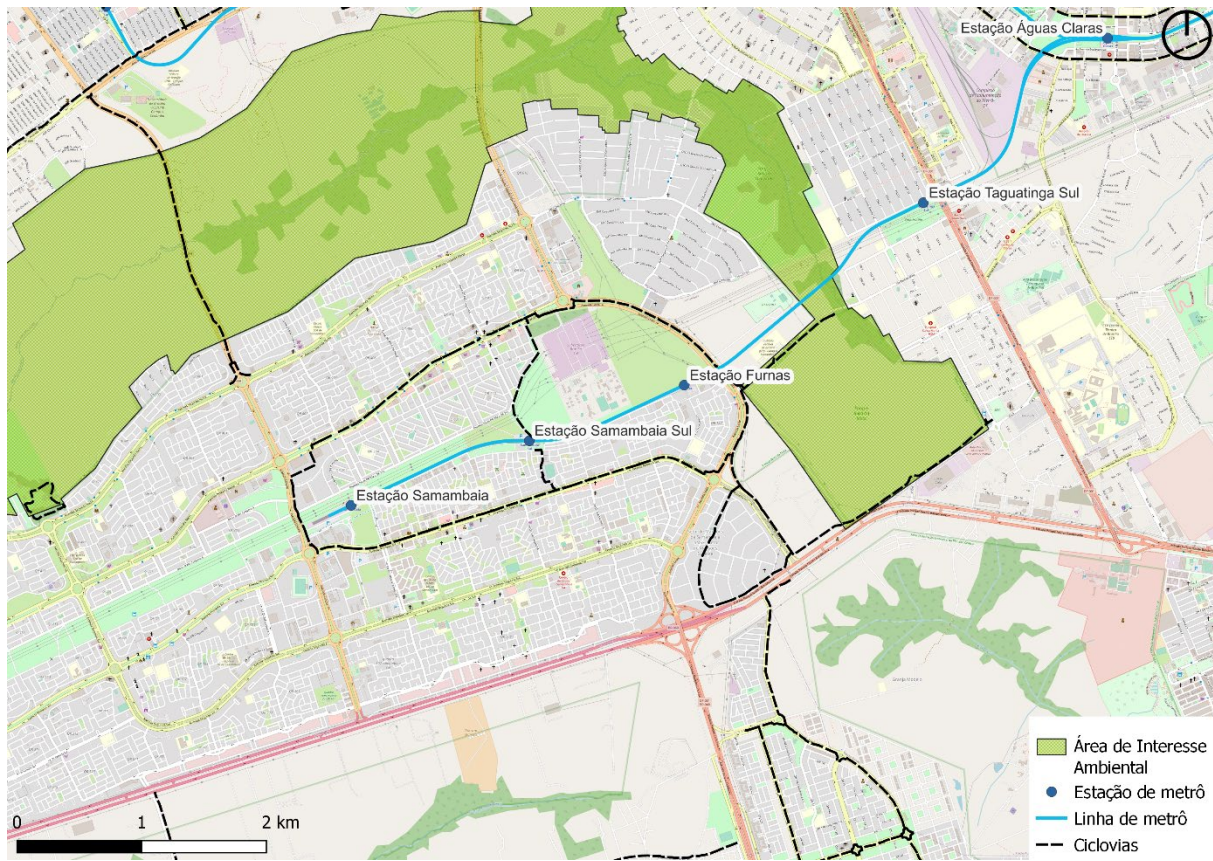
Fonte: Adaptado do Relatório final Metro-DF (PDTT, 2016)

Figura 9 - Localização área de análise.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 10 - Área de análise.



Fonte: Elaboração própria

A tabela 4 apresentada a seguir traz o resumo dos dados obtidos em relatório do PPDT para a análise da estação Samambaia tendo em vista a aplicação do *Buffer* de 2,4km desde a estação e a interseção entre as áreas das demais estações.

Tabela 5 - Modos de deslocamento na região de estudo

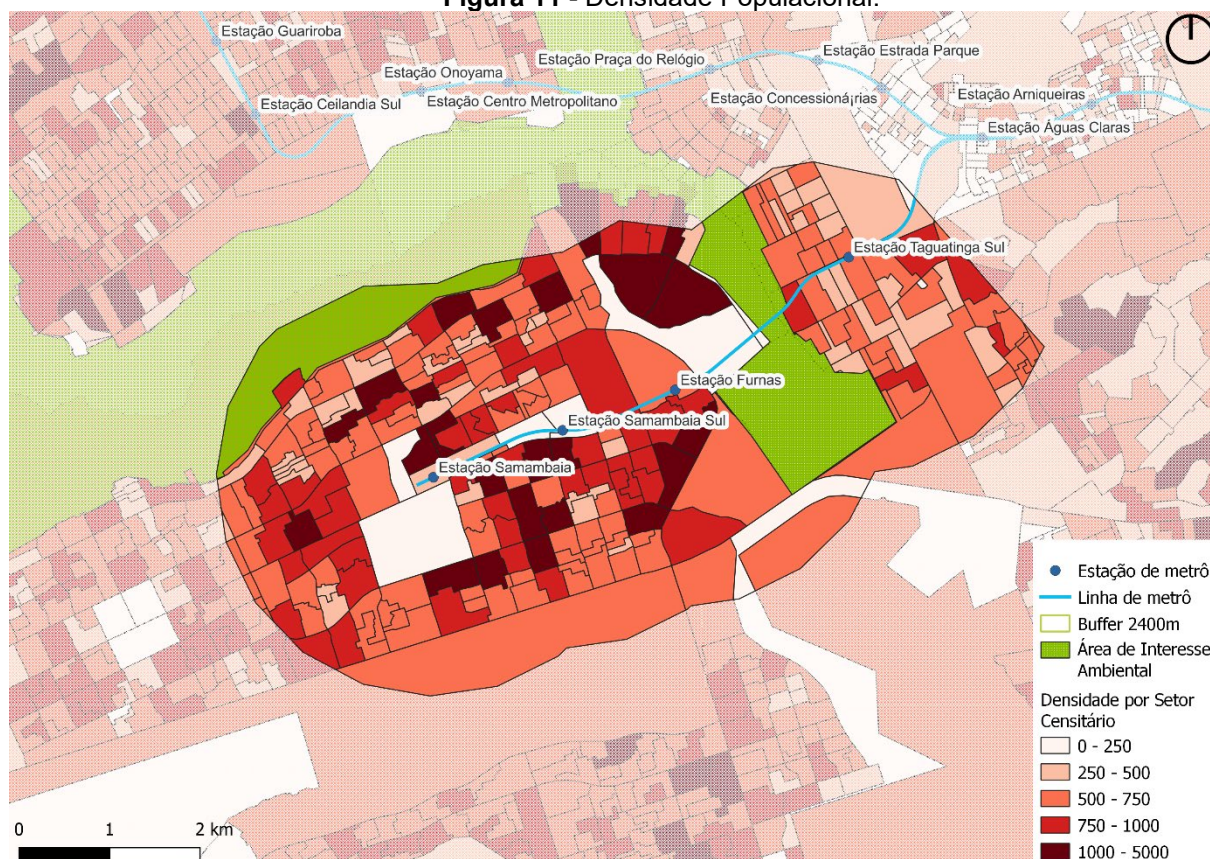
EST	Dados Metro (raio 2,4km)			Modos de deslocamento				
	Distância Max (m)	POP entrev.	T_Med	A pé	Bicicleta	Metro	Particular	Publico
SAM	2354	3434	18min	37%	3%	4%	31%	26%
SAS	2168	2836	27min	30%	3%	5%	35%	26%
FUR	2220	925	32min	23%	3%	4%	43%	27%
TAS	2260	5022	26min	17%	1%	5%	48%	29%

Fonte: Elaboração própria com dados do PDTT

4.1.5 Resultados da aplicação em SIG

As primeiras simulações realizadas levaram em consideração a densidade populacional (figura 2) para posterior interpretação dos dados de *distance decay*. A área capturada no *buffer* da estação de metrô Samambaia, possui uso do solo predominantemente residencial, com áreas comerciais refletidas em índices de densidade mais baixos. Essas áreas posteriormente refletem em baixa atratividade com relação à estação de metrô, justificada pelo menor número de habitantes na zona.

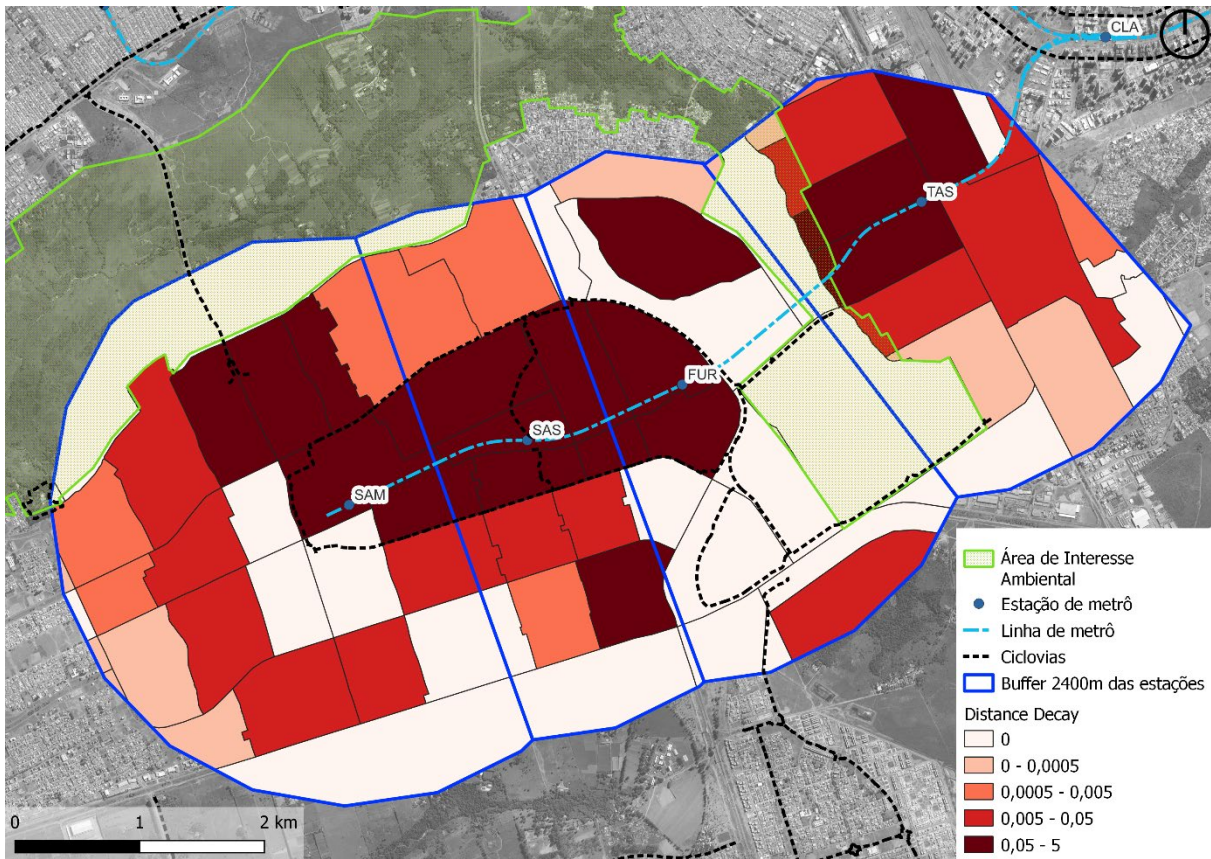
Figura 11 - Densidade Populacional.



Elaboração própria. Dados Geoportal (2022)

Com as primeiras aplicações em software de SIG foi possível observar os índices de *Distance Decay* para cada zona abrangida pelos buffers das estações escolhidas para o estudo de caso (figura 11). Também foi possível gerar a curva de *distance decay* de cada estação (figuras 12, 13, 14 e 15), demonstrando a rápida queda da atratividade entre 1km e 2km.

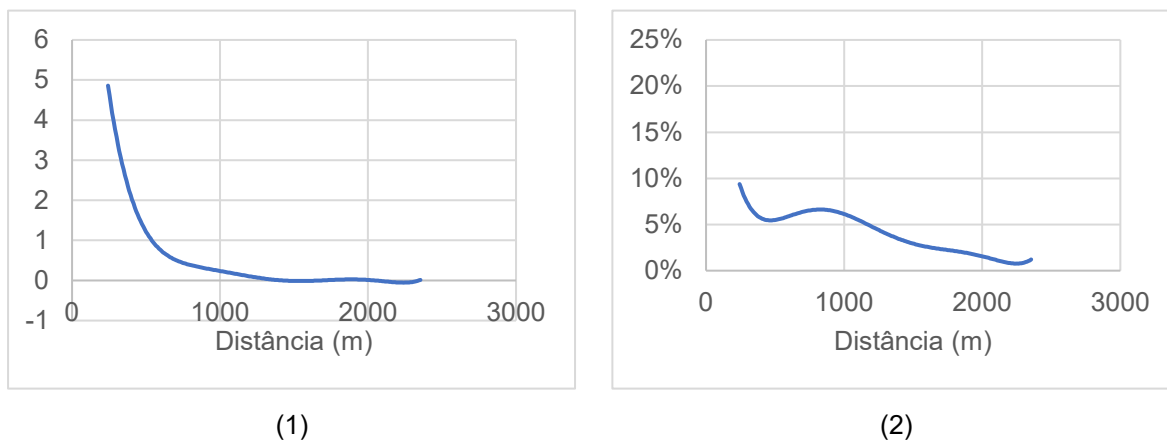
Figura 12 – Distance Decay. Estações Samambaia Sul, Samambaia, Furnas e Taguatinga Sul.



Fonte: Elaboração própria.

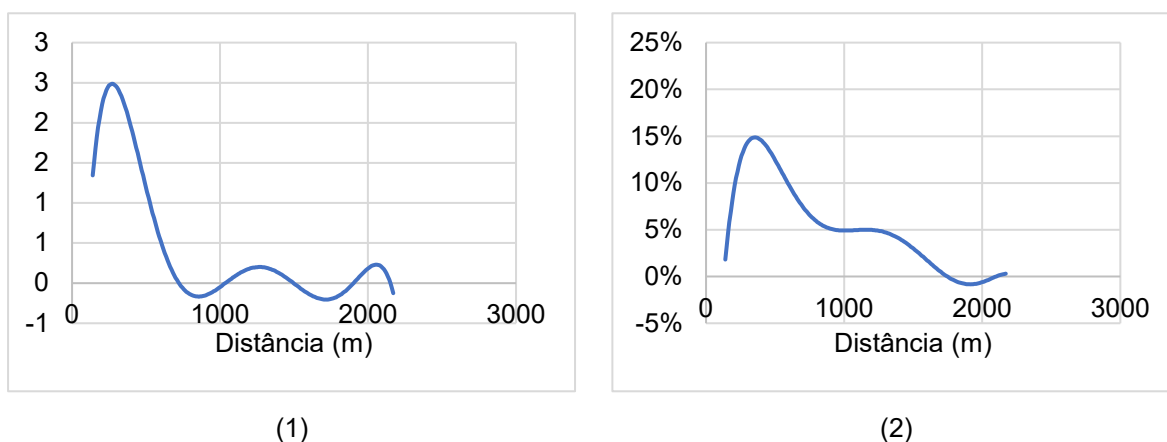
Porém, as análises comparativas entre os gráficos de *distance decay* e a porcentagem de passageiros por distância (Figuras 10, 11, 12 e 13), demonstram que apesar do índice de *decay* diminuir consideravelmente após os 500m, o volume de usuários varia ao longo da distância e possui picos ao longo do percurso. A Figura 12.2, possui um pico nos primeiros metros e sobe novamente próximo a 1km de percurso, e segue reduzindo a medida que a distância aumenta seguindo a tendência do gráfico de *distance decay* (Figura 12.1).

Figura 13 – Estação Samambaia. (1) Curva de *Distance Decay* dada distância (2) Curva de *decay* por porcentagem de passageiros dada distância.



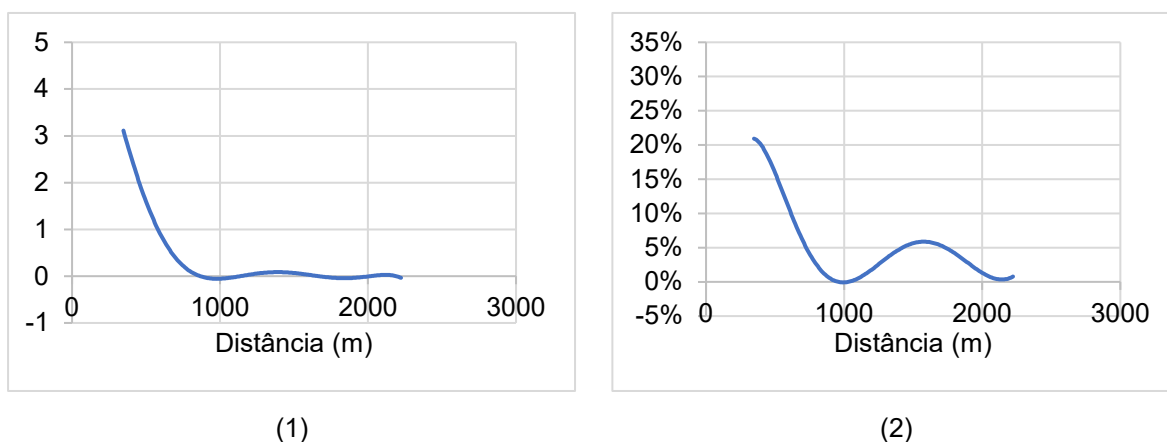
Fonte: Elaboração própria

Figura 14 - Estação Samambaia Sul. (1) Curva de *Distance Decay* dada distância (2) Curva de *decay* por porcentagem de passageiros dada distância



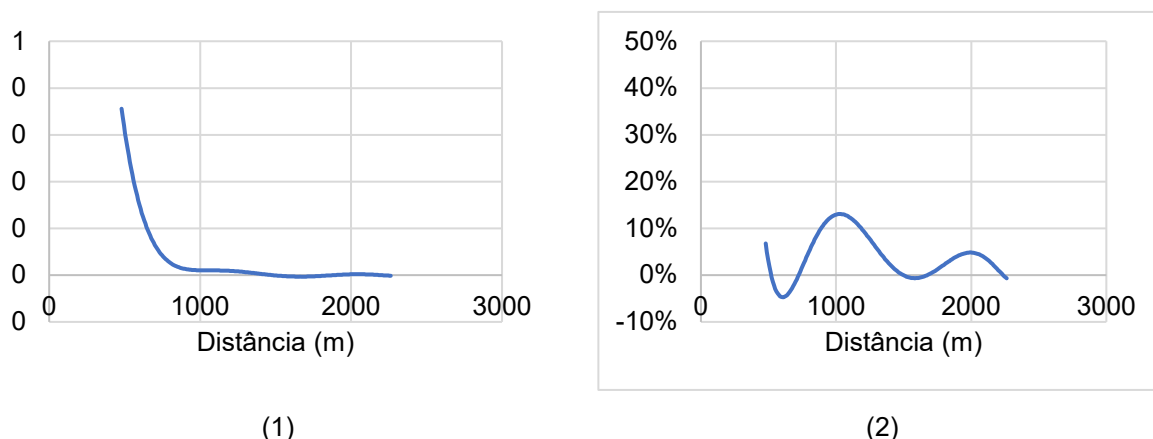
Fonte: Elaboração própria

Figura 15 - Estação Funas (1) Curva de *Distance Decay* dada distância (2) Curva de *decay* por porcentagem de passageiros dada distância.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 16 - Estação Taguatinga Sul. (1) Curva de *Distance Decay* dada distância (2) Curva de *decay* por porcentagem de passageiros dada distância.



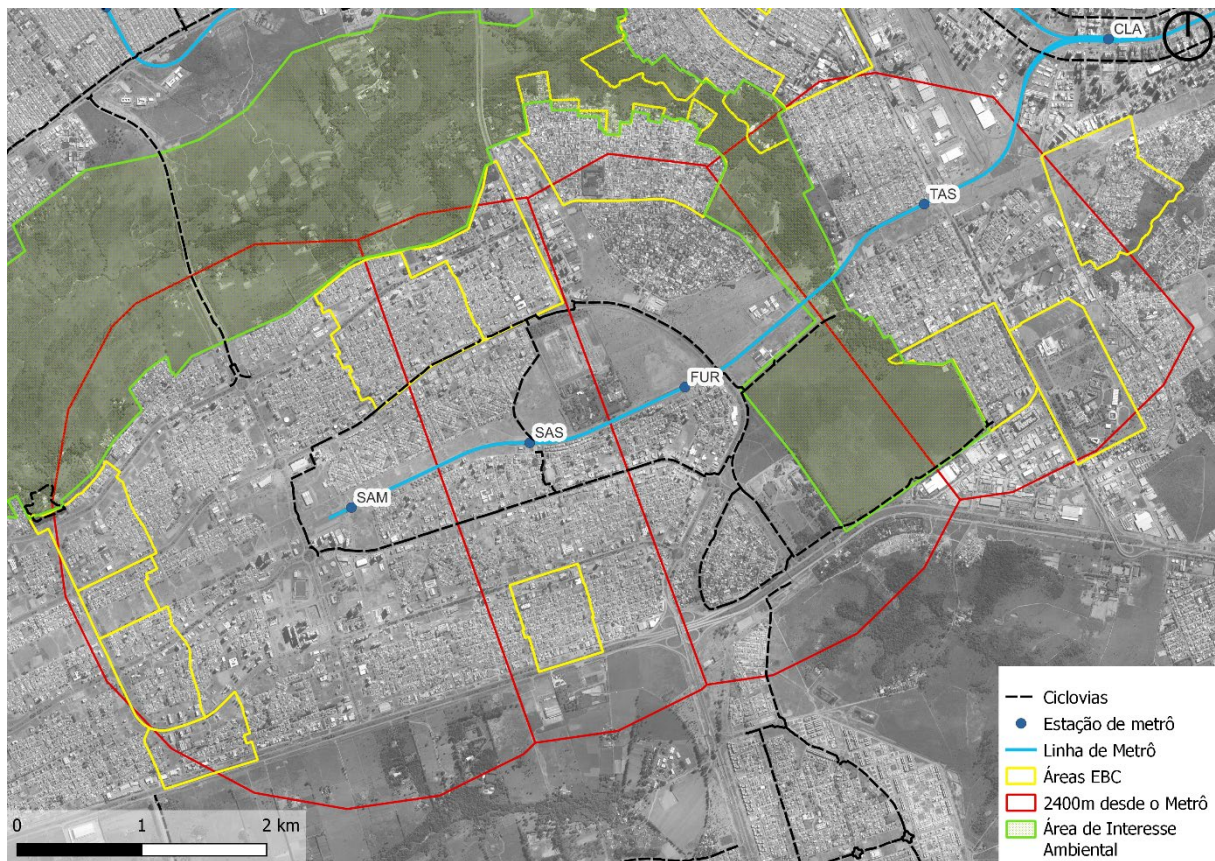
Fonte: Elaboração própria.

A partir da interpretação dos gráficos (Figuras 13, 14, 15 e 16), entende-se que os níveis de *distance decay*, apesar de caírem muito rapidamente nos primeiros 500m, possuem variações sutis acompanhando os gráficos de passageiros por distância. Portanto, interpreta-se que as estações de metrô, representadas nas figuras 13 a 16, atraem mais passageiros no raio de 500m, mas a variação nos próximos metros em todas as estações, indicam que ainda há a atratividade, apesar de ser menor se comparada com as áreas mais próximas das estações analisadas.

Essa variação reflete na escala de cor utilizada no software QGis (Figura 11), onde os a representação de cores vermelho e bordô, ou valores de 5 a 0,005 respectivamente, representam as áreas que possuem o pico de atratividade de passageiros. Portanto, as áreas a serem selecionadas para análise de implantação de EBCs são as áreas laranjadas e salmão, ou valores de 0,005 a 0,0005.

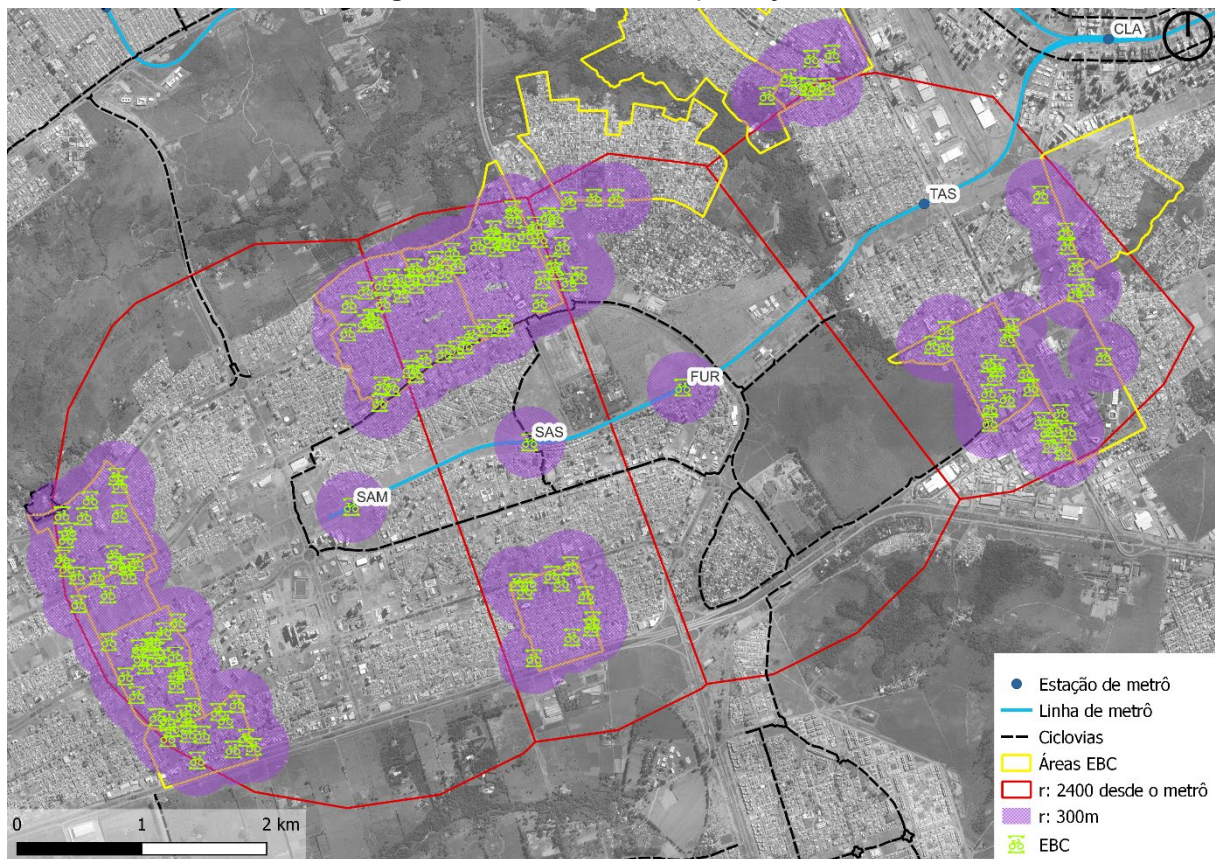
A partir da delimitação das áreas (Figura 16), foi possível simular as áreas potenciais para a implantação de EBCs (Figura 17). Após a delimitação das áreas e visando a cobertura máxima de cada região delimitada pelo *distance decay*, foram selecionadas as estações que melhor atendiam as especificações proposta pelo ITDP (2018) e CET (2018). Posteriormente foram eliminadas as estações com sobreposição maior que 100m, utilizando como referência a cobertura de 300m proposta pela TEMBICI (2018) para cada estação posicionada no mapa (Figura 18).

Figura 17 – Áreas de interesse de implantação de EBCs, delimitação por *Distance Decay*.



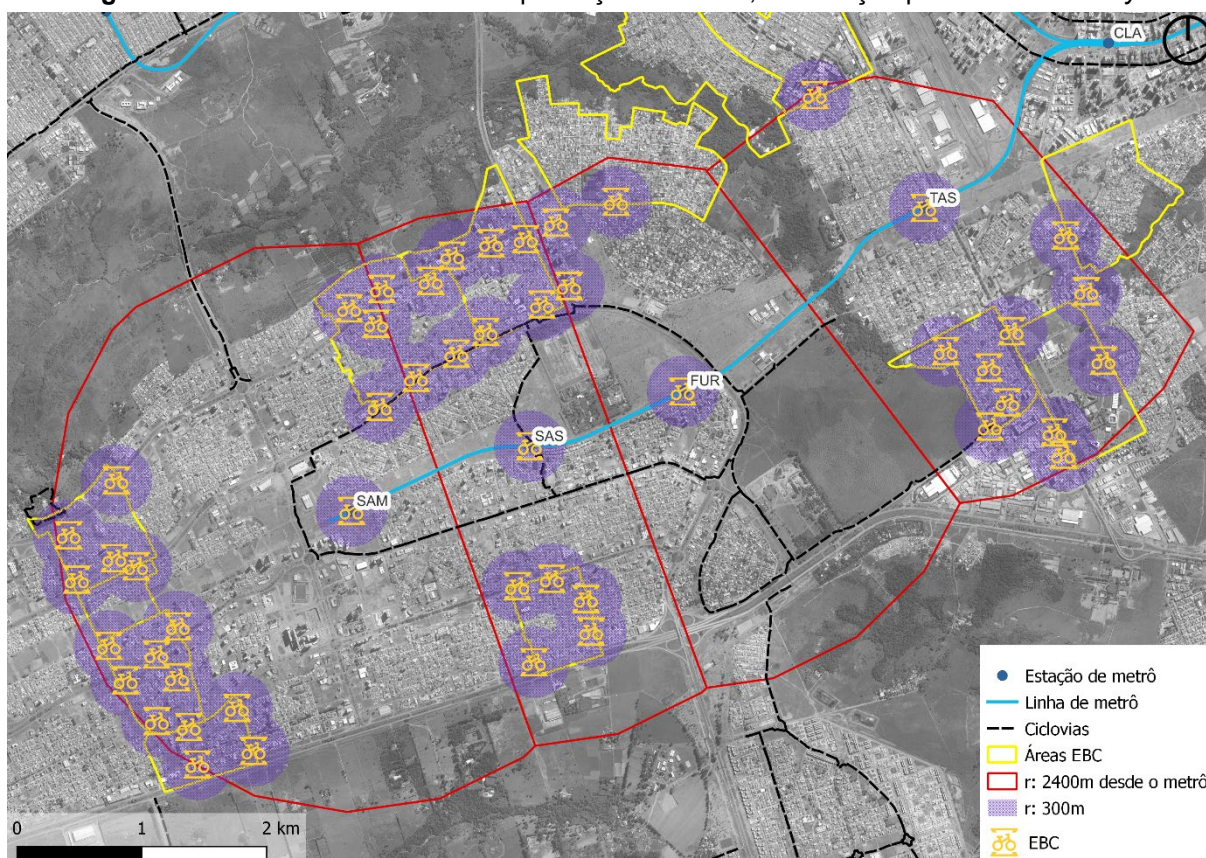
Fonte: Elaboração própria.

01Figura 18 – Potencial de implantação EBCs



Fonte: Elaboração própria.

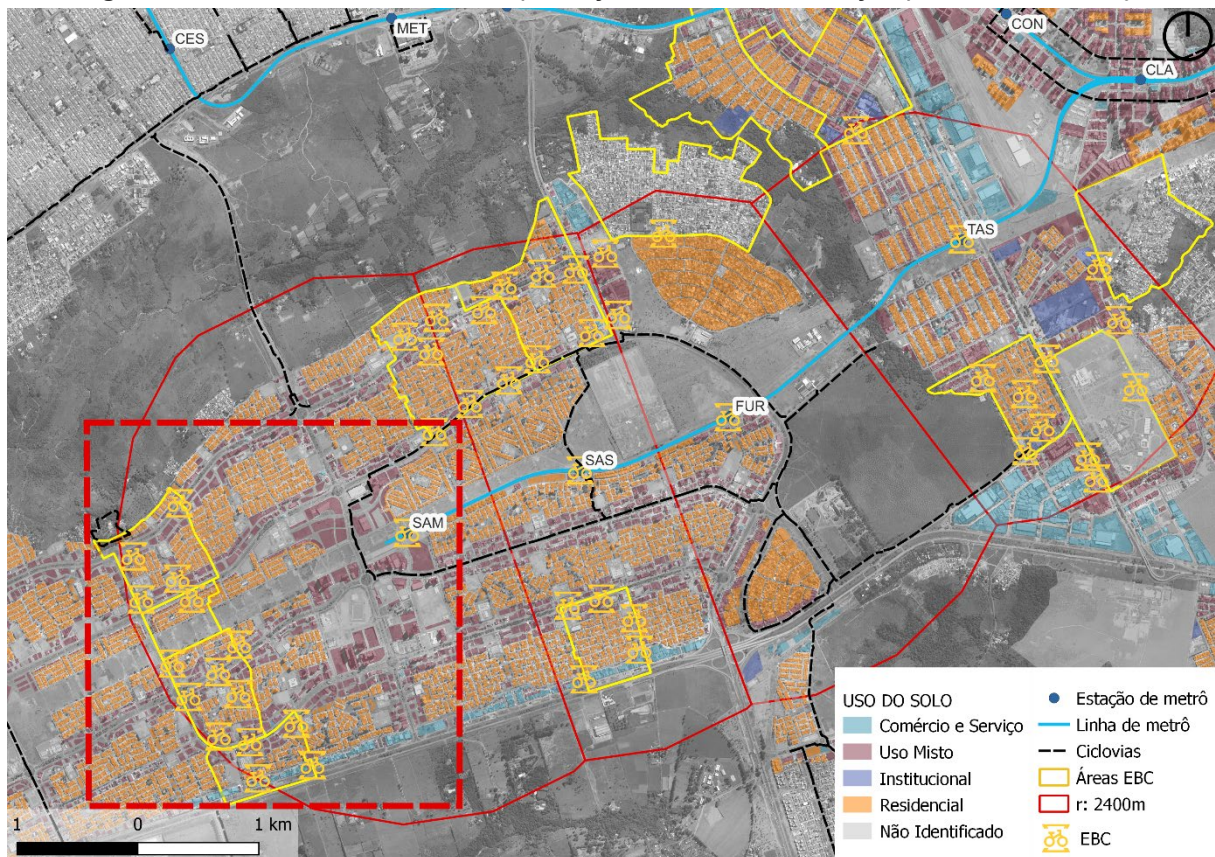
Figura 19 – Áreas de interesse de implantação de EBCs, delimitação por *Distance Decay*.



Fonte: Elaboração própria.

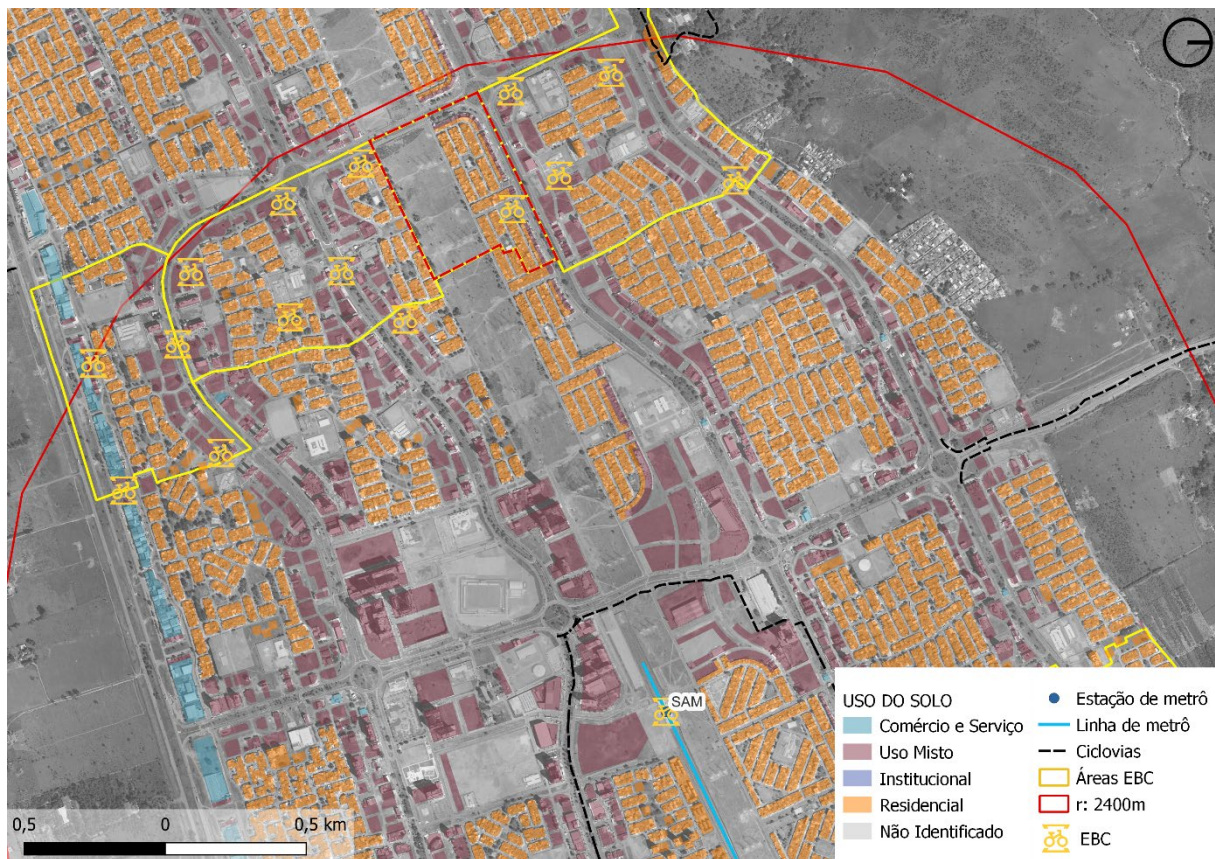
Para a simulação do dimensionamento proposto pelo ITDP (2018), foi delimitada uma área a sudoeste da região analisada. A área escolhida para a simulação de dimensionamento possui 1575 habitantes (Figura 19 e Figura 20). O total de bicicletas, dado o número de habitantes, seria de 32 bicicletas, utilizando a densidade de 20 bicicletas por 1000 habitantes, sendo a média do número de bicicletas por habitante proposto pelo ITDP (2018). O desenho da estação destinada à área fica definida conforme a Figura 23. A proposta de implantação da estação fica em área destinada a estacionamento (Figura 22), ocupando aproximadamente quatro vagas de estacionamento de veículos. Também está em local próximo à iluminação pública, áreas comerciais, áreas residenciais, passagens de pedestres, paradas de ônibus e áreas calçadas destinadas a uso compartilhado entre bicicletas e pedestres (Figura 21 e Figura 22).

Figura 20 – Áreas de interesse de implantação de EBCs, delimitação por *Distance Decay*.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 21 – Áreas de interesse de implantação de EBCs, delimitação por *Distance Decay*.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 22 – Áreas de interesse de implantação de EBCs, delimitação por *Distance Decay*.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 23 – Áreas de interesse de implantação de EBCs, delimitação por *Distance Decay*.



Fonte: Elaboração própria.

A escolha do tipo de estação, deu-se pela otimização da área, portanto ficou definida a estação linear e bicicletas estacionadas em ambos os lados (Figura 3). O posicionamento está orientado pelo acesso a partir das calçadas próximas e possibilita o ciclista a sair pelo estacionamento ou realizar a travessia nas faixas de pedestres nas proximidades (Figura 23 e Figura 24). Apesar da área possuir calçadas próximas, há a necessidade de melhoria da infraestrutura da região para atender ciclistas e favorecer a integração com o modo metroviário.

Figura 24 - EBC Samambaia.



Fonte: Elaboração própria

Figura 25 - EBC Área 2 Samambaia. Streetview.



Fonte: Elaboração própria

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa resultou em informações que podem ser ampliadas através do enriquecimento de dados e da coleta de dados qualitativos. O ITDP (2018) indica a importância da realização de pesquisas, entrevistas, seminários e participação pública no processo de implantação das EBCs. As simulações obtidas no QGIS indicam graficamente e de forma muito rápida, áreas que possuem diferentes atratividades nas proximidades das estações de metrô. Esses resultados indicam que o padrão de atratividade não é linear e cada estação possui uma atratividade diferente da outra, como o caso das estações Taguatinga Sul e Samambaia Sul (Figura 13 e Figura 15). Para interpretações mais precisas é necessário avaliar o conjunto de dados e como ele se comporta quando inseridas outras variáveis para examinar padrões.

No entanto, as simulações aqui apresentadas possibilitaram a delimitação de áreas com baixa atratividade com relação às estações de metrô, que podem se beneficiar com a implantação de EBCs, atraindo mais passageiros. Além do uso para solução de primeira e última milha, as estações serviriam para atender as demandas dos moradores dentro da própria região, seja para lazer ou como modo de transporte.

Mas para que essa adesão seja plena, é necessária a atuação do poder público com investimentos em infraestrutura adequada e facilitação no aluguel das bicicletas, entre outras questões abordadas anteriormente nesse trabalho. Como demonstrado no apanhado teórico, o sucesso da implantação da ciclomobilidade nas cidades depende do conjunto de ações políticas, publicitárias e educativas simultâneas. Se exploradas da forma correta e com continuidade, a ciclomobilidade pode virar uma realidade auxiliando no cumprimento das agendas socioambientais mundiais.

Portanto, apresenta-se aqui as considerações finais a respeito da metodologia desenvolvida nessa pesquisa:

- O método proposto pretende facilitar a geolocalização das áreas potenciais para receberem estações de bicicleta compartilhada utilizando dados populacionais de público que faz uso do sistema metroviário. Os dados utilizados na pesquisa se limitaram à distância euclidiana de zonas censitárias, número de habitantes por zona, modos de transporte utilizados por zona, podendo ser incluídos dados de gênero, classe social, idade, motivos de viagem, declividade, entre outros;

- O método se propõe a indicar zonas censitárias potenciais para a implantação de estações de bicicletas compartilhadas, para fins de integração ao sistema de metrô, podendo também ser utilizada para outros fins;
- A pesquisa possui como limitação, informações que tratam do número de pessoas que embarcam com bicicletas em cada estação de metrô. Para solucionar essa restrição, os dados sobre ciclistas foram obtidos a partir de pesquisas domiciliares disponibilizadas pela companhia metroviária do Distrito Federal;
- A pesquisa não considerou variáveis além da distância e número de passageiros nos cálculos de *distance decay*. Esse aspecto pode ser aprimorado no futuro com a inclusão de variáveis como renda, idade, declividade, enriquecendo a análise;
- A pesquisa também não considerou informações subjetivas ou dados qualitativos. O método também pode ser enriquecido com informações coletadas em formulários e pesquisas de campo com o objetivo de melhorar o recorte social;
- O método proposto pode ser melhorado de diversas formas, tanto no caráter quantitativo, quanto qualitativo. As ferramentas SIG também podem ser aprimoradas através da programação, automatizando os cálculos e gerando resultados mais dinâmicos e precisos.

REFERÊNCIAS

ABRACICLO. **Dados do Setor duas rodas 2020**. Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares. São Paulo, p. 75. 2020.

ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. [S.l.], p. 130. 2022.

BAHADORI, M. S.; GONÇALVES, A. R.; MOURA, F. A Systematic Review of Station Location Techniques for Bicycle-Sharing Systems Planning and Operation. **International Journal of Geo-Information**. n. 10, v. 554, <https://doi.org/10.3390/ijgi10080554>, 2021.

BID e MDR. Mobilidade por Bicicleta. Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID e Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR (autores). Global Environment Facility – GEF (financiador) – Brasília: Editora **IABS**, 2021. ISBN 978-65-87999-10-4, 138 p.

BLACK, A. **Urban Mass Transportation**. Kansas: McGraw-Hill INC., 1931. 411 p. ISBN 0070055572.

VAZ, L. F. H.; CASTRO, B. H. R.; MALBURG, C. H. R.; MESENTIER, A. A. P.; SOUZA, F. O. Transporte sobre trilhos no Brasil: Uma perspectiva do material rodante. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **BNDES**. n. 40, p. 235-281, 2014. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/3021>>. Acesso em: 04/04/2023.

BREE, S.; FULLER, D.; DIAB, E. Access to transit? Validating local transit accessibility measures using transit ridership. **Transportation Research Part A**, Saskatoon, n. 141, p. 430-442, 2020.

BRUHEZE, A. A. A.; OLDENZIEL, R. Cycling Cities: The Munich Experience. **Foundation for the History of Technology**. Netherlands. 2018. ISBN 978-90-73192-50-8.

BUEHLER, R.; TEOMAN, D.; SHELTON, B. Promoting Bicycling in Car-Oriented Cities: Lessons from Washington, DC and Frankfurt Am Main, Germany. **Urban Science**, v. 5, n. 58, 2021.

CALLIL, V.; COSTANZO, D. (ORGS). Estudos de Mobilidade por Bicicleta. São Paulo : **CEBRAP**. 2018. 200p. ISBN 978-85-62676-19-2.

CARDOZO, O. D.; SILVA, C. J. D. Funciones distance Decay y Sistema de Información Geográfica (SIG) para la estimación de demandapotencial en el Transporte Publico de Resistencia. **Revista Transport y Territorio**, Chaco, Argentina, 13, 2015. 80-99.

CET. **Critérios de Sinalização Diversos**. SPP – Superintendência de Planejamento e Projetos. Estação de Bicicletas Compartilhadas. 2018.

CHEN, J.; CHEN, J.; WU, W. Analysis of the Threshold of Transformation between Subway and Bicycle-Subway. **CICTP**, Charleton, p. 3779-3791, 2020.

CHEN, J.; LI, K.; LI, K.; YU, P. S.; ZENG, Z. Dynamic Planning of Bicycle Stations in Dockless Public Bicycle-sharing System Using Gated Graph Neural Network. **ACM Transactions on Interlligent Systems and Technology**, v. 12, n. 2, <https://doi.org/10.1145/3446342>, 2021.

CNT. **Transporte Metroviário de Passageiros**. Brasília; 2016. 146p.

CODEPLAN. **Atlas do Distrito Federal**. Governo do Distrito Federal. Brasília, p. 114. 2017.

DEMAIO, P. Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision and Future. **Journal of Public Transportation**, v. 12, n. 4, p. 41-56, 2009.

DEMISSIE, M. G.; PHITHAKKITNUKON, S.; KATTAN, L. Trip Distribution Modeling Using Mobile Phone Data: Emphasis on Intra-Zonal Trips. **IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS 1**, v. 20, n. 7, p. 2605 - 2617, 2019.

DREZNER, T.; DREZNER, Z.; ZEROM, D. Facility Dependent Distance Decay in Competitive Location. **Network and Spatial Economics**, California, v. 20, p. 915-934, 2020.

DUARTE, F.; SÁNCHEZ, K.; LIBARDI, R. **Introdução à Mobilidade Urbana**. 1ª. ed. Curitiba: Juruá, 2017. 108 p. ISBN 978-85-362-1673-7.

EBRAHIMI, Z. D.; MOMENITABAR, M.; NASRI, A. A.; MATTSON, J. Using a GIS-based spatial approach to determine the optimal locations of bikeshare stations: The case of Washington D.C. **Journal of Transport Policy**. n. 127, p. 48-60. 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.08.008>.

FAN, A.; CHEN, X.; WAN, T. How Have Travelers Changed Mode Choices for First Last Mile Trips after the Introduction of Bicycle-Sharing Systems: An Empirical Study in Beijing, China. **Journal of Advanced Transportation**, p. 16, 2019.

FECCHIO, L. G.; STRAMBI, O. Fatores que influenciam o uso da bicicleta no acesso e integração com o metrô: Estudo de caso na linha 4 - amarela do metrô de São Paulo. **Anais do 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Gramado, RS, v. 1, p. 1-4, 2018. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/anais32/documentos/2018/Planejamento%20Territorial%20do%20Transporte/Mobilidade%20Sustentavel/2_94_RT.pdf>.

FOTHERINGHAM, A. S. Spatial Structure and distance-decay parameters. **Association of American Geographers**. USA, v. 71, n. 3, 1981. doi:10.1111/j.1467-8306.1981.tb01367.x

FOURACRE, P.; DUNKERLEY, C. Mass rapid transit systems for cities in the developing world. **Transport Reviews**, North Yorkshire, 23, n. 3, 2003. 299-310.

FRAME, G.; ARDILA-GOMEZ, A.; CHEN, Y. The kingdom of the bicycle: what Wuhan can learn from Amsterdam. **Transportation Research Procedia**, v. 25, p. 5040-5058, 2017.

GAO, K.; YANG, Y.; Li, A.; Qu, X. Spatial Heterogeneity in distance decay of using bike sharing: An empirical large-scale analysis in shanghai. **Transportation Research Part D**, v. 94, 2021. ISSN 1361-9209.

GEIPOT. **Manual de planejamento ciclovário**. 3ª. ed. Brasília: [s.n.], 2001. 126 p.

GIANNOTTI, M.; TOMASIELLO, D. B.; BITTENCOURT, T. A. The bias in estimating accessibility inequalities using gravity-based metrics. **Journal of Transport Geography**, São Paulo, n. 101, 2022.

GIZ. **Guia de Micromobilidade compartilhada**. Guia para implantação e aperfeiçoamento de sistemas de compartilhamento público de micromobilidade no Brasil. 2021.

GLOBAL DESIGNING CITIES INITIATIVE. **Guia global de desenho de ruas**. Tradução de Daniela Tiemi Nishimi de Oliveira. São Paulo: Senac, 2018. 396 p. ISBN 978-85-396-2458-4.

GUTH, D. Migração Modal: Por que estamos perdendo ciclistas diariamente. In: ANDRADE, V., et al. **Mobilidade por bicicleta no Brasil**. Rio de Janeiro: PROURB/UFRJ, 2016. p. 292.

ITDP. **Guia de Sistemas de Bicicleta Compartilhada**. 2014

ITDP. **Guia de Sistemas de Bicicleta Compartilhada**. 2018.

JOHNSON, D.; ERCOLANI, M.; MACKIE, P. Econometric analysis of the link between public transport accessibility and employment. **Transport Policy**, London, v. 60, p. 1-9, 2017.

KIM, H.; SONG, Y. An integrated measure of accessibility and reliability of mass transit systems. **Transportation**, South Korea, v. 45, p. 1075-1100, 2018.

LIANG, Y.; GAO, S.; WU, T.; WANG, S.; WU, T. Optimizing Bus Stop Spacing Using the Simulated Annealing Algorithm with Spatial Interaction Coverage Model. **Proceedings of the 11th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Computational Transportation Science**, New York, p. 53-59, 2018.

LOPES, G. G. G. L. S. **Estudo de demanda dos usuários do transporte público da UnB com vista à ampliação da linha do metrô na Asa Norte**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 69. 2018.

LUKE, S.; MACDONALD, M. **Public transport mode selection: a review of international practice**. European Transport Conference 2006. [S.l.]: [s.n.]. 2006. p. 19.

MANGAN, M. M. Integrating First and Last Mile access measures in the estimation of light rail transit ridership. **Tése**, San Diego, USA, 2013.

MANOUTA, O.; BONNELA, P.; BOUZOUINAA, L. Transit accessibility: A new definition of transit connectors. **Transportation Research Part A**, Lyon, n. 113, p. 88-100, 2018.

MARQUES, R.; HERNANDEZ-HERRADOR, V.; CALVO-SALAZAR, M.; GARCIA-CEBRIAN, J. A. How Infrastructure can promote cycling in cities: Lessons from Seville. **Research in Transportation Economics**, n. 53, p. 31-44, 2015.

MATEOS-MINGUEZ, P.; ARRANZ-LOPEZ, A.; SORIA-LARA, J. A.; LANZENDORF, M. E-shoppers and multimodal accessibility to in-store retail: An analysis of spatial and social effects. **Journal of Transport Geography**, Madrid, n. 96, 2021. ISSN 0966-6923.

MENG, M.; KOH, P. P.; WONG, Y. D. Influence of Socio-Demography and Operating Streetscape on Last-Mile Mode Choice. **Journal of Public Transportation**. v. 19, n. 2, 2016.

MORENO, C.; ALLAM, Z.; CHABAUD, D.; GALL, C.; PRATLONG, F. Introducing the “15-Minute City”: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. **Smart Cities**, Switzerland, n. 4, p. 93-111, 2021. <https://doi.org/10.3390/smartcities4010006>

MOSTARAC, K.; KAVRAN, Z.; RAKIĆ, E. Accessibility of Universal Postal Service According to Access Points Density Criteria: Case of Study of Bjelovar-Bilogora County, Croatia. **Traffic and Transportation**, Zagreb, v. 31, n. 2, p. 173-183, 2019.

NACTO. **Bike Share Station Siting Guide**. 2016.

NASCIMENTO, M. M.; CAVALCANTE, C. B. A eficiência do sistema de bicicleta Integrada: Um estudo em Fortaleza. 32º Congresso em pesquisa e Ensino de transportes. Gramado - RS. **ANPET**. P. 2618-2629, 2018.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. M. D. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor number of citation and year of publication. **Scientometrics**, 2015.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. M. D. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, p. 161-187, 2017. ISSN 0100-1965. Disponível em: <<https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/5856>>.

PAGET-SEEKINS, L.; TIRONI, M. The Publicness of public transport - The changing nature of public transport in Latin America cities. **Transport Policy**, Santiago, v. 49, p. 176-183, 2016.

PAIVA, M. D. **Fatores que influenciam no uso da bicicleta com o metrô**. [S.I.]: Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia, 2013.

PCDF. **Relatório de Atividades PCDF**. 2019.

PDTT. **Plano de Desenvolvimento do Transporte Público sobre Trilhos do Distrito Federal**. Relatório Final. 2016.

PEREIRA, G. Estimativa de frota de bicicletas no Brasil. **Journal of Sustainable Urban Mobility**, v. 1, n. 1, Março 2021.

PEREIRA, R. H. M.; WARWAR, L.; PARGA, J.; BAZZO, J.; BRAGA, C. K.; HERSZENHUT, D.; SARAIVA, M. Tendências e Desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: O uso do Transporte Coletivo e Individual. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, Rio de Janeiro, 2021.

PUCHER, J. Bicycling Boom in Germany: A revival engineered by public policy. **Journal of Transportation Quarterly**. v. 51, n. 4, p. 31-46. 1997

PUN-CHENG, L. S. C. Distance Decay. **The International Encyclopedia of Geography**, Hong Kong, 2016.

QIN, J.; LEE, S.; YAN, X.; TAN, Y. Beyond solving the last mile problem: the substitution effects of bike-sharing on a ride-sharing platform. **Journal of Business Analytics**, Beijing, v. 1, n. 1, p. 13-28, 2018.

RODRIGUES, T. D. J. **Impactos econômicos e espaciais do metrô na área urbana de Salvador**. Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 88. 2018.

ROSA, E. S. Bicicleta como modo de transporte cotidiano na cidade contemporânea: Análise de casos. **Dissertação PPG-UFSC**, p. 204, 2015.

SAEIDIZAND, P.; FRANSEN, K.; BOUSSAUW, K. Revisiting car dependency: A worldwide analysis of car travel in global metropolitan areas. **Cities**, Belgium, v. 120, 2022.

SANTOS, J. V.; JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, S. G. VLT como elemento inovador do transporte público brasileiro. **Revista de Gestão e Secretariado**. v. 14, n. 1, p. 662-680, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.7769/gesec.v14i1.1541>.

SECRETARIA DE TRANSPORTE E MOBILIDADE. **Plano de Mobilidade Ativa do Distrito Federal**. Caderno I. Brasília 2020.

SECRETARIA DE TRANSPORTE E MOBILIDADE. **Plano de Mobilidade Ativa do Distrito Federal**. Caderno II. Brasília 2020.

SEGETH. Mobilidade ativa no entorno das estações de metrô, Brasília, 2015. Disponível em: <<https://www.rodasdapaz.org.br/wp-content/uploads/2015/07/Mobilidade-ativa-no-entorno-das-esta%C3%A7%C3%B5es-do-Metr%C3%B4.pdf>>. Acesso em: 30 Novembro 2022.

SHU, S.; BIAN, Y.; RONG, J.; XU, D. Determining the exact location of a public bicycle station – The optimal distance between the building entrance/exit and the station. **Plos One**. v. 12, n. 2, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212478>, 2019.

SOZA-PARRA, J.; RAVEAU, S.; MUNOZ, J. C. Public Transport reliability across preferences modes and space. **Transportation**, 49, 621-640. 2022. DOI <https://doi.org/10.1007/s11116-021-10188-2>.

SPECK, J. **Cidade Caminhavel**. 1ª. ed. São Paulo: Perspectiva, 2017. ISBN 978-85-273-1053-6.

STĘPNIAK, M.; ROSIK, P. The Role of Transport and Population Components in Charge in Accessibility: The influence of the Distance Decay Parameter. **Netw Spat Econ**, Warsaw, v. 18, p. 291-312, 2018.

TEMBICI. **Apresentação de Estudos Técnicos**. 2018.

VAZ, L. F. H.; CASTRO, B. H. R., MALBURG, C. H. R.; MESENTIER, A. A. P.; SOUZA, F. O. Transporte sobre trilhos no Brasil: Uma perspectiva do material rodante. **BNDES**, Rio de Janeiro, n. 40, p. 235-281, 2014.

VENTER, C. J. Measuring the quality of the first/last mile connection to public transport. **Research in Transportation Economics**. Pretoria, v. 83, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100949>

VUCHIC, V. R. Urban Public Transportation Systems. **University of Pennsylvania**, Philadelphia, 5, 2002. Disponível em: <<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.362.6956&rep=rep1&type=pdf>>.

VUCHIC, V. R. **Urban Transit Systems and Technology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. ISBN 978-0-471-75823-5.

WANG, S.; LI, Z.; GU, R.; XIE, N. Placement optimization for station-free bicycle-sharing under 1D distribution assumption. **IET Intelligent Transport Systems**. v. 14, n. 9, p. 1079-1086, ISSN 1751-956X, doi:10.1049/iet-its.2019.0363, 2020.

YANG, H. ; LI, X.; LI, C.; HUO, J.; LIU, Y. How Do Different Treatments of Catchment Area Affect the Station Level Demand Modeling of Urban Rail Transit? **Journal of Advanced Transportation**, Chengdu, v. 2021, 2021.

ZHENG, Z.; ZHOU, S.; DENG, X. Exploring both home-based and work-based jobs-housing balance by distance decay effect. **Journal of Transport Geography**, Beijing, n. 93, 2021.

ZHOU, B.; LAU, V.; CHEN, Q.; CAO, Y. Simultaneous Positioning and Orientating (SPA0) for Visible Light Communications: Algorithm Design and Performance Analysis. **IEEE Transactions on Vehicular Technology**, v. 67, n. 12, p. 11790-11804, 2018. ISSN 0018-9545. DOI 10.1109/TVT.2018.2875044.

ZUO, T.; WEI, H.; CHEN, N. Promote transit via hardening first-and-last-mile accessibility: Learned from modeling commuters' transit use. **Transportation**

Research, v. 86, ISSN 1361-9209, 2020a. DOI <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102446>

ZUO, T.; WEI, H.; CHEN, N.; ZHANG, C. First-and-Last mile solution via bicycling to improving transit accessibility and advancing transportation equity. **Cities**, v. 99, ISSN 0264-2751, 2020b. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102614>

ANEXO

Estudo Bibliométrico: Notas metodológicas e resultados de pesquisa.

O Méthodi Ordinatio foi fundamentado por três outros métodos: *Management System of the Central Research Institute – MSCI*, *The Cochrane Collaboration* e *ProKnow-C*. O método consiste na seleção rápida e efetiva de artigos com base nos três fatores mais importantes em uma publicação: fator de impacto, ano da publicação e número de citações, a fim de classificar artigos quanto sua relevância científica (PAGANI, KOVALESKI e RESENDE, 2015). Trata-se de abordagem realista normativa no qual o pesquisador utiliza de modelo universal para seleção de artigos relevantes sem influência de emoções (PAGANI, KOVALESKI e RESENDE, 2017).

Busca Sistemática

A busca sistemática baseia-se na escolha livre de palavras-chave com objetivo de encontrar a melhor combinação de palavras na base escolhida. Também é feita a escolha do período selecionando tendo como objetivo o acesso a documentos mais recentes, a literatura clássica ou ambos (PAGANI, KOVALESKI e RESENDE, 2015).

Alinhamento

A etapa de alinhamento consiste na leitura dos títulos, palavras-chave e resumo para avaliação da afinidade com o tema de interesse. Os títulos não alinhados são retirados do portfólio (PAGANI, KOVALESKI e RESENDE, 2015).

InOrdinatio

A equação InOrdinatio (equação 1) aplicada em uma tabela com fórmulas, utiliza as informações de ano de publicação, ano de busca, fator de impacto e número de citações para organizar os títulos alinhados de acordo com sua relevância científica.

$$\text{InOrdinatio} = (\text{IF} \div 1000) + \alpha \times [10 - (\text{ResearchYear} - \text{PublishYear})] + \sum Ci \quad (1)$$

No qual, IF: fator de impacto

α : O peso definido pelo pesquisador de 1 a 10

ResearchYear: Ano no qual foi realizada a pesquisa

PublishYear: Ano no qual foi publicado o artigo

$\sum Ci$: Número de vezes no qual o artigo foi citado

Análises

Para as análises o pesquisador deve definir livremente quantos artigos são suficientes para leitura sistemática. A seleção deve ser feita através do ranking criado pela aplicação da fórmula InOrdinatio.

Resultados da Busca Sistemática:

Uso de bicicletas

O retorno da busca totalizou de 1134 títulos, em 05 de janeiro de 2022, que foram lidos sistematicamente, totalizando 566 títulos alinhados com o tema de pesquisa conforme apresentado na Tabela 1. Dentre esses, destacam-se 5 categorias: (1) títulos, (2) autores, (3) países, (4) Palavras-chave e (5) citações; das quais os 10 artigos mais relevantes foram analisados conforme a tabela 1

Tabela 1 - Busca sistemática – resultado da combinação das palavras-chave

Termo 1	Termo 2	Resultado
("bic?cl*")	-	3.777
("bic?cl*")	AND ("Mobili*")	575
("bic?cl*")	AND ("Ac\$essibili*")	199

("bic?cl*")	AND ("Multimo*")	138
("microac\$essibili*")	x	2
("Last Mile")	AND ("Ac\$essibili*")	47
("Last Mile")	AND ("bic?cl*")	44
("Last Mile")	AND ("Ac\$essibili*") / AND ("bic?cl*")	7
("Last Mile" OR "Ultima Milha")	AND ("Ac\$essibili*" OR "Multimo*" OR "Intermo*" OR "Mobili*" OR "microac\$essibili*")	200
("bic?cl*")	AND ("Ac\$essibili*" OR "Last Mile" OR "Multimo*" OR "Intermo*" OR "Mobili*" OR "microac\$essibili*")	1134

A princípio, a busca usando apenas o termo “bicicleta” retornou o total de 3777 artigos, tornado impossível a leitura de todos os títulos para a etapa de alinhamento. Portanto foram sendo acrescentadas outras palavras-chave com o intuito de diminuir o número de títulos, mas da forma mais abrangente possível. O resultado das palavras-chave isoladas resultou em baixo número de títulos na opinião desses autores, portanto foi combinada a seleção desses termos e o total de 1134 títulos foi satisfatório para seguir à etapa de alinhamento de título.

A intenção da etapa de alinhamento foi a seleção do maior número de artigos que abordassem a acessibilidade de bicicletas particulares ou compartilhadas aos sistemas de transporte. Para tanto foram desconsiderados artigos que tinham como foco apenas um tema, tais como: segurança, tecnologias ou *e-bikes*, saúde, padrões de deslocamentos, poluição, acidente, pedestres, entre outros.

Tabela 2 - 10 artigos mais relevantes

Título	Autor	Citações	Ano	Ranking
Understanding the usage of dockless bike sharing in Singapore	Shen, Y.; Zhang, X.; Zhao, J.	157	2018	1

A modeling framework for the dynamic management of free-floating bike-sharing systems	Caggiani, L.; Camporeale, R.; Ottomanelli, M.; Szeto, W. Y.	102	2018	2
An empirical analysis of bike sharing usage and rebalancing: Evidence from Barcelona and Seville	Faghih-Imani, A.; Hampshire, R.; Marla, L.; Eluru, N.	109	2017	3
Exploring the impact of built environment factors on the use of public bikes at bike stations: Case study in Zhongshan, China	Zhang, Y.; Thomas, T.; Brussel, M.; van Maarseveen, M.	95	2017	4
Sharing riders: How bikesharing impacts bus ridership in New York City	Campbell, K. B.; Brakewood, C.	98	2017	5
Bicycle sharing system 'success' determinants	de Chardon, C. M.; Caruso, G.; Thomas, I.	97	2017	6
To be or not to be dockless: Empirical analysis of dockless bikeshare development in China	Gu, T. Q.; Kim, I.; Currie, G.	74	2019	7
Integrating e-scooters in urban transportation: Problems, policies, and the prospect of system change	Gossling, S.	63	2020	8
Bicycle-metro integration in a growing city: The determinants of cycling as a	Zhao, P. J.; Li, S. X.	83	2017	9

transfer mode in metro
station areas in Beijing

Freedom from the station: Mooney, S. J.; 57 2019 10
Spatial equity in access to Hosford, K.;
dockless bike share Howee, B.; Yan,
A.; Winters, M.;
Bassok, A.; Hirsch,
J. A.

Dentre os 10 primeiros títulos os sistemas de compartilhamento, nas modalidades *dockless*, bicicleta compartilhada e *e-scooters*, são os modos mais abordados, incluindo o ambiente construído, a integração entre sistemas e a acessibilidade econômica a esses. Dentre as discussões ressaltam-se as correlações entre os sistemas de compartilhamento e a influência desses no tráfego e como o ambiente construído pode afetar a sua adesão. Publicações brasileiras, por outro lado, focam em temas relacionados a desigualdades e planejamento de rotas, conforme demonstrado na Tabela 3. Tendo-se em vista que são apenas 3291 km de ciclovias no Brasil (Observatório da Bicicleta, 2020), distribuídas entre as maiores capitais do país, justifica-se o padrão de tema identificado, já que a infraestrutura não promove o deslocamento seguro dos ciclistas no Brasil, além das questões relacionadas a economia de países emergentes e o acesso dos cidadãos a bens e serviços.

Tabela 3 - Relação de títulos de publicações brasileiras

Título	Autores	Fonte
Abstracting mobility flows from bike-sharing systems	Kon, F.; Ferreira, E. C.; de Souza, H Á.; Duarte, F.; Santi, P.; Ratti, C.	PUBLIC TRANSPORT
Method for Using Nonmotorized Modes of Transportation as a	Menini, S. E.; da Silva, T.	JOURNAL OF TRANSPORTATION

Sustainable Urban Mobility Index in University Campuses	O.; Pitanga, H. N.; dos Santos, A. D.	ENGINEERING PART A-SYSTEMS
Understanding the use of private and shared bicycles in large emerging cities: The case of Sao Paulo, Brazil	Benedini, D. J.; Lavieri, P. S.; Strambi, O.	CASE STUDIES ON TRANSPORT POLICY
Guidelines to design bicycle routes on university campuses: A case study at the Federal University of Vicosa	Mesquita, A. R.; da Silva, T. O.; Pitanga, H. N.; dos Santos, A. D.; de Souza, T. D.; Silva, P. D. E.	CASE STUDIES ON TRANSPORT POLICY
Potencial bicycle travels in belo horizonte city: a methodological proposal based on 2012 origin – destination survey	Viola, P. D. D.; Cardoso, L.; Lobo, C.; Lessa, D. A.; Matos, B. A.	REVISTA DE TRANSPORTE Y TERRITORIO
Bicycle-sharing system socio-spatial inequalities in Brazil	Duran, A. C.; Anaya-Boig, E.; Shake, J. D.; Garcia, L. M. T.; de Rezende, L. F. M.; de já, T. H.	JOURNAL OF TRANSPORT e HEALTH
Insertion and patterns of travel of bike-sharing systems in three cities	Callil, V.; Costanzo, D.	REVISTA DE TRANSPORTE Y

Data-mining, GIS and multicriteria analysis in a comprehensive method for bicycle network planning and design	Guerreiro, T. D. M.; Providelo, J. K.; Pitombo, C. S.; Ramos, R. A. R.; da Silva, A. N. R.	TERRITORIO INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE TRANSPORTATION
Income vs. travel time: Why do the poorest and the richest travel fastest in northeastern Brazil?	de Lima, J.; Maia, M. L.; Lucas, K.	WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH - WCTR 2016
Wh't's up with women and cycling? Why are there less women than men using bicycles in Sao Paulo	Lemos, L. L.; Harkot, M. K.; Santoro, P. F.; Ramos, I. B.	REVISTA DE TRANSPORTE Y TERRITORIO

Dentre os principais resultados de autores, países, palavras-chave e cocitação (Tabela 3), existe correlação entre países que estão entre as maiores economias do mundo e o número de publicações que abordam o tema. Dentre os autores (Tabela 4), destacam-se pesquisadores de países da América do Norte, Leste Asiático e Europa e dentre as cocitações, América do Norte, Europa, Leste Asiático e Austrália. As palavras-chave demonstram a forte conexão que há entre deslocamentos a pé e deslocamentos feitos por bicicleta, além da influência de fatores subjetivos como decisões do usuário que serão abordadas.

Tabela 4 - 10 autores mais citados e respectivos países, palavras-chave e cocitações

Ranking	Autor	Cocitação	País	Palavra-Chave
1	Silva, C.	Shaheen S. A.	USA	bicycle

2	Eluru, N.	Fishman E.	China	behavior
3	Zhang, Y.	Heinen E.	Netherlands	impact
4	Chen, X.	Faghih-imani A.	Australia	transport
5	Hoogendoorn, S.	Pucher J.	Canada	infrastructure
6	Ji, Y.	Demaio P.	England	walking
7	Li, S.	Fishman E.	Germany	city
8	Oort, N. V.	Rixey R. A.	Italy	bicycle sharing
9	Wang, Y.	Wang X.Z.	Sweden	choice
10	Winters, M.	Bachand-marleau J.	Brazil	system

Também é importante ressaltar que a acessibilidade econômica a esses veículos ainda não é uma realidade. Essa análise prévia pretende demonstrar que para além da avaliação da implantação de um sistema de integração, também é preciso avaliar as condições socioeconômicas da área de interesse, para que seja uma solução prática e não apenas mais um meio de exclusão de classes.

Para visualizar o impacto de sistemas de compartilhamento de bicicletas, o filtro “Shar” foi aplicado aos 549 títulos, pois engloba os termos: bike-sharing, bike sharing, sharing-bike, sharing bike, bicycle-sharing, bicycle sharing, sharing bicycle, bike share, bike-share. A busca retornou 196 títulos com o tema de bicicletas compartilhadas. Dessas, 106 publicações de origem da Inglaterra, 54 dos Estados Unidos, 28 de Holanda, 2 da Suíça, 1 da Alemanha, 1 da Argentina, 1 da Austrália, 1 da Coreia do Sul, 1 da Lituânia e 1 da Polônia.

É importante ressaltar que cidades com boa adesão ao sistema de bicicletas compartilhadas já possuíam a cultura da bicicleta como meio de transporte antes da implementação dos sistemas. Fan, *et. al.* (2019) demonstram que Beijing possui impopularidade na escolha do carro como viagem de primeira e última milha, mas a capital já possuía o modo bicicleta como um dos principais desde a década de 1990. Estimular a cultura das bicicletas abrange, mas também investimentos em infraestrutura urbana, equipamentos, serviços e fatores subjetivos, que podem incentivar ou desestimular o uso do meio como transporte cotidiano (PAIVA, 2013).

Distance Decay

Em 29 de agosto de 2022, obteve-se total de 59 títulos, que foram lidos sistematicamente, totalizando 22 títulos alinhados com o tema de pesquisa. Dentre esses, destacam-se 5 categorias: (1) títulos, (2) autores, (3) países, (4) Palavras-chave e (5) co-citações; das quais os 10 artigos mais relevantes foram analisados conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Títulos dos 10 primeiros artigos de Distance Decay

Título	Autor	Citações	Ano	Ranking
Spatial heterogeneity in distance decay of using bike sharing: An empirical large-scale analysis in Shanghai	Gao, K; Yang, Y; Li, AY; Qu, XB	6	2021	1
Exploring both home-based and work-based jobs-housing balance by distance decay effect	Zheng, Z; Zhou, SH; Deng, XD	4	2021	2
Facility Dependent Distance Decay in Competitive Location	Drezner, T; Drezner, Z; Zerom, D	3	2020	3
The Role of Transport and Population Components in Change in Accessibility: the Influence of the Distance Decay Parameter	Stepniak, M; Rosik, P	18	2018	4
Accessibility of universal postal service according to access points density criteria: case study of	Mostarac, K; Kavran, Z; Rakic, E	4	2019	5

Bjelovar-bilogora county, Croatia					
The bias in estimating accessibility inequalities using gravity-based metrics	Giannotti, M; Tomasiello, DB; Bittencourt, TA	0	2022	6	
Optimizing Bus Stop Spacing Using the Simulated Annealing Algorithm with Spatial Interaction Coverage Model	Liang, YL; Gao, S; Wu, TY; Wang, SJ; Wu, YH	2	2018	7	
How Do Different Treatments of Catchment Area Affect the Station Level Demand Modeling of Urban Rail Transit?	Yang, HT; Li, X; Li, CJ; Huo, JH; Liu, YG	4	2021	8	
E-shoppers and multimodal accessibility to in-store retail: An analysis of spatial and social effects	Mateos-Minguez, P; Arranz-Lopez, A; Soria-Lara, JA; Lanzendorf, M	0	2021	9	
Trip Distribution Modeling Using Mobile Phone Data: Emphasis on Intra-Zonal Trips	Demissie, Merkebe Getachew; Phithakkitnukoon, Santi; Kattan, Lina	19	2019	10	

Dentre os 10 primeiros títulos, observa-se a predominância de temas envolvendo questões de acessibilidade utilizando as medidas de *distance decay* para explorar diversos contextos e variáveis (STĘPNIAK e ROSIK, 2018; MOSTARAC, KAVRAN e RAKIĆ, 2019; MATEOS-MINGUEZ, ARRANZ-LOPEZ, *et al.*, 2021). Mas também foram observadas as análises de avaliação do raio de atratividade ou potencial atrativo de um local (DREZNER, DREZNER e ZEROM, 2020), avaliação da metodologia e sua interferência na leitura dos resultados (GIANNOTTI, TOMASIELLO e BITTENCOURT, 2022; YANG, LI, *et al.*, 2021;

DEMISSIE, PHITHAKKITNUKON e KATTAN, 2019) e padrões de deslocamento (GAO, YANG, *et al.*, 2021; ZHENG, ZHOU e DENG, 2021; LIANG, GAO, *et al.*, 2018).

Dentre as publicações, apenas uma publicação brasileira foi encontrada, seguindo a tendência temática dos títulos encontrados nos resultados bibliométricos para bicicletas, com foco nas disparidades sociais. No entanto, o estudo de Giannotti, *et al.* (2022), trás o foco nas análises utilizadas revelando os resultados tendenciosos em função do valor de β nas fórmulas do *distance decay* e como esses resultados levam a inferências equivocadas de predisposições não confirmadas em um determinado grupo. Dentre os principais resultados de autores, países, palavras-chave e cocitação (Tabela 6), é possível observar a confirmação da tendência do tema de acessibilidade dentro da bibliometria.

Tabela 6 - Autor, Cocitação, País e Palavras-Chave dos 10 primeiro colocados de Distance Decay

Ranking	Autor	Cocitação	País	Palavra-chave
1	Cao, Y.	Cervero, R.	Australia	Accessibility
2	Chen, Q.	Geurs, K. T.	Belgium	Impact
3	Lau, V.	Drezner, T.	Brazil	Distance decay
4	Zhou, B.	Arranz-Lopez, A.	Canada	Transport
5	Arranz-lopez, A.	Grengs, J.	Colombia	Built environment
6	Demissie, M. G.	Luo, W.	Croatia	Travel
7	Kattan, L.	Boisjoly, G.	England	Gravity model
8	Paez, A.	Condeco-Melhorado, A.	Estonia	Land-use

9	Phithakkitnukoon, S.	Department For, Transport	Germany	Mobility
10	Soria-lara, J. A.	Fotheringham, A. S.	Greece	System

Tabela 7 - Ferramentas, dados e resultados obtidos dos 5 primeiros artigos e artigo brasileiro

Autor	Ferramentas	Dados	Resultados obtidos
1 Gao, K., Yang, Y., Li, A., Qu, X. (2022)	Regressão Linear Múltipla- MLR Frequência do termo-inverso da frequência nos documentos – TFIDF Regressão Adaptativa Geograficamente Ponderada – AGWR Matriz em ponderação espacial Python SIG	Dados de viagens percorridas por bicicleta – ID da viagem; ID da bicicleta Ponto de partida; Ponto de chegada; Horários de partida; Horários de chegada Viagem recomendada por aplicativo de bicicleta Amap – extraída do programa por python indicando trajeto e distância percorrida Filtro – Distância percorrida de menos de 30km	Identificação da redução da mobilidade com o aumento da distância Densidade populacional, educação, desordenamento do uso do solo, densidade nas vias, em estações de metrô e em estacionamentos estão positivamente ligados ao distance decay de dockless e níveis mais altos desses aspectos possuem distance decay mais rápido Uso do solo comercial, industrial, parques e quadras estão negativamente associados ao distance decay

				Filtro – Velocidade média 2km/h a 25km/h	do uso de dockless
				Filtro – Tempo médio de duração menor que 1 dia	
				Pontos de Interesses – obtidos do Amap: 44 tipos categorizados por uso do solo	
				Mapa OpenStreetMap – densidade de cada classe de via	
				Dados populacionais – censo	
2	Zheng, Z; Zhou, S.H.; Deng, X.D. (2021)	Regressão Linear Modelo CART Função de distribuição acumulada		BigData – celulares Dados dos cartões de transporte Pontos de Interesse –	Identificação do padrão de deslocamento dos subúrbios para o centro A intensidade da atração espacial diminui ou aumenta

		Função de Shannon	Gaode	com o distance decay
		Sintaxe Espacial		No centro há desequilíbrio no sentido trabalho-casa
				Nos subúrbios há desequilíbrio no sentido casa-trabalho
				Uso misto do solo não garante equilíbrio dos deslocamentos
3	Drezner, T.; Drezner, Z.; Zerom, D. (2020)	Modelo gravitacional adaptado com parâmetros do distance decay para diferentes instalações	CEP dos clientes CEP das instalações comerciais Latitude e longitude dos dois CEPs transformados em milhas Questionários – para a qualificação do nível de atratividade do shopping	Conforme a distância aumenta, instalações com mais atratividade tem decay menor que instalações com menos atratividade Melhor localização para novas instalações
4	Stępniaak, M.; Rosik, P.	Função de impedância	Cens– - dados de 1995 a	A função de distance decay

(2018)	Modelo de dispersão – acessibilidade Ceteris Paribus	2015 Dados de infraestrutura de transportes Dados de investimentos em transportes	utilizada pode influenciar nos resultados – - A seleção de um parâmetro β pode afetar a inferência dos resultados O transporte pode influenciar as alterações demográficas Os valores de acessibilidade são resultado da mudança demográfica encorajando desenvolvimento mais equilibrado O efeito da infraestrutura na acessibilidade depende fortemente de investimentos
5 (2019)	Mostarac, K.; Kavran, Z.; Rakic, E. Modelo gravitacional Distância Euclidiana Distance Decay adaptado para	GIS Censo Coordenadas geográficas de latitude e longitude Dados de instalações de	Identificação das residências com parâmetros de acessibilidade não correspondentes aos exigidos

		cobrir toda a extensão geográfica	postos de correios	Identificação da acessibilidade e sua classificação em 6 graus diferentes
6	Giannotti, M.; Tomasiello, D. B.; Bittencourt, T. A. (2022)	Modelo gravitacional Decaimento Gaussiano Curvas log-logísticas Curvas de Lorenz Coeficiente de Gini	Dados de viagem – tempo, custo OpenTripPlanner – dados do OpenStreet Map e dados de transporte público Dados OD Censo	Um único valor de β atenua as disparidades dos grupos sociais e a acessibilidade ou falta dela é facilmente visualizada Distance decay identifica polos atrativos, mas não a real resistência (impedância) causada pela distância.

Tabela 8 – Cálculo de Distance decay estação Samambaia

Nº	ZONA	HubDist	POP_Entrev	usa_modos_bicicleta	usa_modos_metro	f(Cij) exp	DD exp	% pas./m
33	35215	242,8555	92	4	12	0,40295	4,83543	9%
33	35214	508,7165	181	8	13	0,14898	1,93668	10%
33	35211	559,551	46	2	0	0,12316	0,00000	0%
33	35309	784,4517	300	11	27	0,05308	1,43314	21%
33	35206	825,8964	190	4	9	0,04545	0,40907	7%
33	35213	892,2558	8	0	0	0,03546	0,00000	0%
33	35218	1081,927	103	0	4	0,01743	0,06974	3%
33	35217	1139,866	151	8	7	0,01404	0,09825	5%
33	35219	1239,568	165	0	8	0,00966	0,07731	6%
33	35103	1278,402	96	0	3	0,00836	0,02507	2%
33	35212	1337,459	115	3	5	0,00670	0,03350	4%
33	35312	1370,192	423	8	12	0,00593	0,07113	9%
33	35208	1419,844	165	7	0	0,00492	0,00000	0%
33	35102	1454,737	150	8	2	0,00432	0,00864	2%
33	35104	1556,998	265	8	7	0,00295	0,02062	5%
33	35108	1597,994	121	4	2	0,00253	0,00505	2%
33	35902	1877,839	5	0	0	0,00089	0,00000	0%
33	35101	1989,143	80	1	3	0,00058	0,00175	2%
33	36901	1999,411	0	0	0	0,00056	0,00000	0%
33	35116	2018,361	209	1	6	0,00052	0,00314	5%
33	35105	2040,607	122	6	1	0,00048	0,00048	1%
33	35107	2136,702	50	0	1	0,00034	0,00034	1%
33	35115	2324,862	40	0	0	0,00017	0,00000	0%
33	35109	2329,645	60	1	2	0,00016	0,00033	2%
33	35117	2347,88	205	1	3	0,00015	0,00046	2%
33	35901	2350,936	1	0	0	0,00015	0,00000	0%
33	35110	2354,233	66	3	2	0,00015	0,00030	2%

33	35216	698,5797	25	2	0	0,07320	0,00000	0%
AV	1491,39	118,413793		3,103448276		4,607142857		
SOMA	41758,91	3434		90		129		
St. Dev.	686,5084	99,8507877		3,405298682		5,907538809		
Variance	471293,7	9970,1798		11,59605911		34,89901478		
n	29	29		29		29		
Cor r	-0,48039	-0,20105137		-0,376921217		-0,480393357		
r ²	0,230778	0,04042165		0,142069604		0,230777778		
cov	-1763,91	-12278,1778		-793,7906093		-1763,912996		
B (exp)	-0,00374	-0,02605207		-0,00168428		-0,003742704	-B	0,00063
LN	185,1996	26,6062214		411,5391563		185,1995639		0,00288079

Tabela 9 – Cálculo de Distance decay estação Samambaia Sul

nº	ZONA	HUBDIST	POP_ENTREV	USA_MODO_BICICLETA	USA_MODO_METRO	F(CIJ) EXP	DD EXP	% PAS./M
31	35304	347,1869	57	0	4	0,42456	1,69823	11%
31	35205	357,714	110	2	11	0,41367	4,55039	31%
31	35302	616,3227	7	0	0	0,21853	0,00000	0%
31	35203	624,7543	63	0	5	0,21403	1,07017	14%
31	35307	680,0376	28	1	4	0,18674	0,74696	11%
31	35204	903,9319	126	1	0	0,10747	0,00000	0%
31	35305	1095,53	1	0	0	0,06698	0,00000	0%
31	35301	1116,995	41	1	1	0,06353	0,06353	3%
31	31902	1216,309	3	1	0	0,04972	0,00000	0%
31	35903	1265,073	8	0	0	0,04408	0,00000	0%
31	35210	1360,058	149	14	5	0,03487	0,17437	14%
31	35306	1393,8	27	0	0	0,03209	0,00000	0%
31	35311	1490,818	54	0	0	0,02526	0,00000	0%
31	35303	1667,707	106	0	4	0,01632	0,06529	11%
31	33906	1866,985	2	1	0	0,00998	0,00000	0%
31	33208	2065,795	5	0	0	0,00611	0,00000	0%
31	33904	2127,215	20	1	1	0,00525	0,00525	3%
31	31102	2129,81	117	4	0	0,00522	0,00000	0%
31	33905	2220,874	1	0	0	0,00417	0,00000	0%
	AV	1291,943	48,6842105	1,368421053	1,842105263			
	SOMA	24546,92	925	26	35			
	ST. DEV.	608,0688	49,4132828	3,218186624	2,948882234			
	VARIANCE	369747,6	2441,67251	10,35672515	8,695906433			
	N	1	1	1	1			
	COR R	-0,53709	-0,17206317	0,073712704	-0,53708749			

R ²	0,288463	0,02960574	0,005433563	0,288462971			
COV	-912,376	-4897,82483	136,6548906	-912,3764652			
B (EXP)	-0,00247	-0,0132464	0,00036959	-0,002467565	-B	0,00087	0,001603
LN	280,9033	52,3272151	-1875,450868	280,9032707			

Tabela 10 – Cálculo de Distance decay estação Furnas

Nº	ZONA	HubDist	POP_Entrev	usa_modos_bicicleta	usa_modos_metro	f(Cij) exp	DD exp	% pas./m
31	35304	347,1869	57	0	4	0,42456	1,69823	11%
31	35205	357,714	110	2	11	0,41367	4,55039	31%
31	35302	616,3227	7	0	0	0,21853	0,00000	0%
31	35203	624,7543	63	0	5	0,21403	1,07017	14%
31	35307	680,0376	28	1	4	0,18674	0,74696	11%
31	35204	903,9319	126	1	0	0,10747	0,00000	0%
31	35305	1095,53	1	0	0	0,06698	0,00000	0%
31	35301	1116,995	41	1	1	0,06353	0,06353	3%
31	31902	1216,309	3	1	0	0,04972	0,00000	0%
31	35903	1265,073	8	0	0	0,04408	0,00000	0%
31	35210	1360,058	149	14	5	0,03487	0,17437	14%
31	35306	1393,8	27	0	0	0,03209	0,00000	0%
31	35311	1490,818	54	0	0	0,02526	0,00000	0%
31	35303	1667,707	106	0	4	0,01632	0,06529	11%
31	33906	1866,985	2	1	0	0,00998	0,00000	0%
31	33208	2065,795	5	0	0	0,00611	0,00000	0%
31	33904	2127,215	20	1	1	0,00525	0,00525	3%
31	31102	2129,81	117	4	0	0,00522	0,00000	0%
31	33905	2220,874	1	0	0	0,00417	0,00000	0%
	AV	1291,943	48,6842105	1,368421053	1,842105263			
	SOMA	24546,92	925	26	35			
	St. Dev.	608,0688	49,4132828	3,218186624	2,948882234			
	Variance	369747,6	2441,67251	10,35672515	8,695906433			
	n	1	1	1	1			
	Cor r	-0,53709	-0,17206317	0,073712704	-0,53708749			

r ²	0,288463	0,02960574	0,005433563	0,288462971			
cov	-912,376	-4897,82483	136,6548906	-912,3764652			
B (exp)	-0,00247	-0,0132464	0,00036959	-0,002467565	-B	0,00087	0,001603
LN	280,9033	52,3272151	-1875,450868	280,9032707			

Tabela 11 – Cálculo de Distance decay estação Taguatinga Sul

Nº	ZONA	HubDist	POP_Entrev	usa_modos_bicicleta	usa_modos_metro	f(Cij) exp	DD exp	% pas./m
30	31105	479,5267	177	6	15	0,03042	0,45628	6%
30	31104	480,1354	135	2	8	0,03028	0,24228	3%
30	25810	590,0003	712	4	14	0,01360	0,19047	6%
30	25809	796,8543	0	0	0	0,00302	0,00000	0%
30	31103	803,6594	233	8	5	0,00287	0,01435	2%
30	25707	816,6814	89	0	7	0,00261	0,01827	3%
30	31106	899,8296	186	7	4	0,00142	0,00570	2%
30	25603	942,9904	349	3	14	0,00104	0,01456	6%
30	25706	1023,607	686	4	106	0,00058	0,06129	44%
30	31902	1207,863	3	1	0	0,00015	0,00000	0%
30	31310	1246,816	841	5	27	0,00011	0,00307	11%
30	25601	1284,21	75	1	7	0,00009	0,00061	3%
30	31101	1346,922	209	6	3	0,00005	0,00016	1%
30	31309	1361,755	245	5	6	0,00005	0,00030	2%
30	35903	1513,039	8	0	0	0,00002	0,00000	0%
30	25304	1626,258	16	0	0	0,00001	0,00000	0%
30	35303	1676,302	106	0	4	0,00000	0,00002	2%
30	25602	1822,408	481	2	9	0,00000	0,00002	4%
30	25402	2099,424	354	9	14	0,00000	0,00000	6%
30	31102	2110,126	117	4	0	0,00000	0,00000	0%
30	25305	2260,693	0	0	0	0,00000	0,00000	0%
	AV	1256,624	239,142857	3,19047619	11,57142857			
	SOMA	26389,1	5022	67	243			
	St. Dev.	534,2881	249,325948	2,908935331	22,70588344			
	Variance	285463,7	62163,4286	8,461904762	515,5571429			

n	1	1	1	1			
Cor r	-0,17996	-0,16374917	-0,12058494	-0,179958995			
r ²	0,032385	0,02681379	0,014540728	0,03238524			
cov	-2079,21	-20774,6049	-178,4897635	-2079,208971			
B (exp)	-0,00728	-0,07277493	-0,000625262	-0,007283618	-B	0,00064	0,0074477
LN	95,16522	9,52453194	1108,569946	95,16522397			