ESG - ENVIRONMENTAL,SOCIAL AND GOVERNANCE
SINGEURB
IV Simpósio Nacional de Engenharia Urbana

Rio de Janeiro, 22 a 24 de novembro de 2023

ROTAS INTEGRATIVAS SEGREGADAS DE BAIXA VELOCIDADE UTILIZANDO DA TOPOGRAFIA FAVORÁVEL NO MEIO URBANO: MARGINAIS DE RIOS E LINHAS FÉRREAS

LOW SPEED SEGREGATED INTEGRATIVE ROUTES USING FAVORABLE TOPOGRAPHY IN THE URBAN ENVIRONMENT: RIVER MARGINS AND RAILWAYS

SILVEIRA, Delei[1]; SILVA, Thalita[2]

[1] Universidade Federal do Rio de Janeiro, delei.hbs@gmail.com
[2]Universidade Federal do Rio de Janeiro, thalitavieiras@poli.ufrj.br

RESUMO

A mobilidade urbana é um desafio significativo em áreas densamente povoadas, com o transporte motorizado historicamente predominante, resultando em congestionamentos e acidentes. Este estudo investiga a viabilidade de Rotas Integrativas Segregadas de Baixa Velocidade para veículos não motorizados ou assistidos, explorando a topografia urbana e infraestruturas existentes, com foco na região metropolitana do Rio de Janeiro. A metodologia se constitui na seleção de rotas e análise da capacidade de corredores e eficiência dos modos de transporte, baseando-se em legislação e estudo bibliográfico. Os resultados indicam que essas rotas são uma alternativa eficaz, especialmente para deslocamentos de curta distância, contribuindo significativamente para a mobilidade urbana e promovendo cidades mais sustentáveis.O estudo também considera a recente RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 947/2022, que introduziu categorias para bicicletas elétricas e equipamentos de mobilidade individual autopropelidos, fortalecendo a viabilidade dessas soluções. Propõe-se a integração multimodal desses corredores, enfatizando sua viabilidade econômica e impacto ambiental positivo. Eles competem em termos de tempo de percurso com outros modos de transporte, oferecendo uma solução adicional para os desafios urbanos. O foco principal é melhorar a mobilidade na região metropolitana do Rio de Janeiro, visando a criação de um ambiente urbano mais saudável, eficiente e sustentável.

Palavras-chave: Mobilidade urbana, Transporte ativo, Rotas integrativas segregadas de baixa velocidade, Região metropolitana RJ, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Urban mobility is a significant challenge in densely populated areas, with a historical prevalence of motorized transportation resulting in congestion and accidents. This study investigates the feasibility of Segregated Low-Speed Integrative Routes for non-motorized or assisted vehicles, exploring urban topography and existing infrastructure, with a focus on the Rio de Janeiro metropolitan region. The methodology consists of selecting routes and analyzing the capacity of corridors and the efficiency of transportation modes, based on legislation and bibliographical study.*The results indicate that these routes are an effective alternative, especially for short-distance travel, significantly contributing to urban mobility and promoting more sustainable cities.The study also considers the recent RESOLUTION CONTRAN N° 947/2022, which introduced categories for electric bicycles and self-propelled individual mobility devices, strengthening the viability of these solutions. It proposes the multimodal integration of these corridors, emphasizing their economic viability and positive environmental impact. They compete in terms of travel time with other modes of transportation, offering an additional solution to urban challenges. The primary focus is on improving mobility in the Rio de Janeiro metropolitan region, aiming to create a healthier, more efficient, and sustainable urban environment.*

Keywords: *Urban mobility, Active transportation, Segregated low-speed integrative routes, Metropolitan region RJ, Sustainability.*

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade é uma necessidade intrínseca às cidades densamente povoadas, onde a circulação de pessoas e bens nas áreas urbanas apresenta desafios significativos. Historicamente, a resposta a essa demanda tem se concentrado na priorização dos veículos motorizados, frequentemente às custas de espaços destinados a pedestres e ciclistas. Essa abordagem, no entanto, levou não apenas a congestionamentos e acidentes frequentes, mas também a paradoxos notáveis, como a redução da velocidade média do tráfego devido à busca incessante por infraestruturas de alta velocidade, conforme evidenciado no relatório da Companhia de Engenharia de Tráfego da Cidade de São Paulo (CET, 2022). Isso, por sua vez, resultou na implementação de redutores de velocidade, como sinais e lombadas, como medidas de segurança adicionais, que, por sua vez, exacerbaram os congestionamentos.

Diante desse cenário, tornou-se imperativo buscar alternativas viáveis e sustentáveis para a mobilidade urbana, levando em consideração as particularidades das cidades densamente povoadas. Este estudo concentra-se na exploração do potencial dos veículos não motorizados e/ou assistidos como soluções de mobilidade urbana por meio de segregadas de baixa velocidade, fazendo uso de elementos naturais e infraestruturas já existentes. O objetivo principal é demonstrar a viabilidade dessas rotas, especialmente em áreas urbanas com topografia favorável, como margens de rios e linhas férreas.

A região metropolitana do Rio de Janeiro, com sua alta densidade populacional e infraestruturas pré-existentes, configura um cenário propício para a implementação dessa abordagem inovadora. Este artigo está estruturado da seguinte forma: na seção subsequente, discute-sea importância da mobilidade urbana e a necessidade de repensar os modos de transporte nas cidades. Na sequência, apresenta-sea metodologia, incluindo a análise da capacidade do corredor e a eficiência dos modos de transporte, seguida dos resultados da pesquisa, incluindo

análises de trajetos específicos. Na seção de conclusões, discute-seos impactos desse estudo na mobilidade urbana.

2. METODOLOGIA

2.1 Metodologia Detalhada

I. **Definição das Categorias de Modos de Transporte:** Para categorizar os modos de transporte, foram adotadastrês categorias principais: Transportes Ativos (movidos por propulsão humana, como bicicletas, skates e patinetes); Ativos Assistidos (com assistência adicional, como bicicletas elétricas); e Autopropelidos (para veículos elétricos de tamanho similar a uma cadeira de rodas).

II. **Análise da Legislação Vigente:** Considerando a relevância das normativas legais, foi incorporadaa recente RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 947/2022, que introduziu categorias específicas para bicicletas elétricas e equipamentos de mobilidade individual autopropelidos. Isso fortaleceu a viabilidade dessas soluções e moldou nossa abordagem.

III. **Cálculo da Capacidade de Corredor:** Para avaliar a capacidade de transporte dos modos de transporte considerados,foi calculadaa Capacidade de Corredor, definida como o número de passageiros por segundo dividido pela largura do corredor. Isso permitiu comparar a eficiência dos diferentes modais.

IV. **Seleção da Área de Estudo:** A escolha da região metropolitana do Rio de Janeiro como área de estudo foi fundamentada na densidade populacional e na presença de infraestruturas pré-existentes, tornando-a um cenário propício para a implementação das Rotas Integrativas Segregadas de Baixa Velocidade.

V. **Proposta de Rotas Integrativas Segregadas:** Com base na topografia favorável e na disponibilidade de margens de rios e linhas férreas, foram propostasdiferentes linhas de Rotas Integrativas Segregadas. Cada trajeto foi cuidadosamente pensado para otimizar o translado e a segurança do indivíduo.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Entendendo a mobilidade urbana

A mobilidade urbana engloba os deslocamentos individuais (a pé, de bicicleta, de veículos motorizados) e coletivos (transporte público) nas áreas urbanas. Conforme definido pela Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei 12.587/2012), o Sistema Nacional de Mobilidade Urbana compreende a organização coordenada dos modos de transporte, serviços e infraestruturas, incluindo modos motorizados e não motorizados, além de serviços de transporte classificados por objeto, características e natureza.

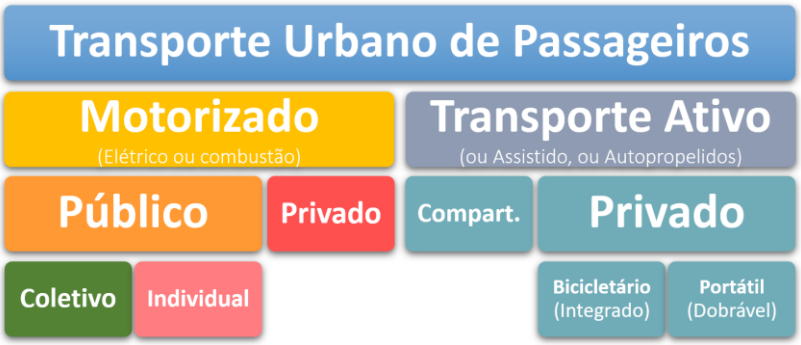
Recentemente, a Resolução CONTRAN nº 947/2022 introduziu categorias para bicicletas elétricas (com potência até 350 watts e velocidade máxima de 25 km/h) e para equipamentos de mobilidade individual autopropelidos, como patinetes e skates (com velocidade máxima de 20 km/h em ciclovias e ciclofaixas). É

importante ressaltar que esse estudo exclui o transporte por tração animal e o transporte de cargas.

Para efeitos deste estudo, foram adotadasas seguintes categorias de modos de transporte: Transportes Ativos (movidos por propulsão humana, como bicicletas, skates e patinetes); Ativos Assistidos (com assistênciaadicional, como bicicletas elétricas); e Autopropelidos (para veículos elétricos de tamanho similar a uma cadeira de rodas).

A Figura 1 apresentaum diagrama simples mostrandoas classificações e subdivisões dos tipos de transportes urbanos de passageiros.

Figura 1: Categorização dos Meios de Transporte Urbano de Passageiros.



Fonte: Adaptado de SILVEIRA, 2023, baseando-se nos dados da Lei Nº 12.587/2012

Para garantir a segurança dos usuários, a classificação das vias leva em consideração a faixa de velocidade atingida, mantendo a largura e resistência da via adequadas ao tráfego de veículos maiores. Infelizmente, muitas ciclovias e ciclofaixas são construídas de forma isolada, sem formar uma rede interconectada, o que resulta na competição por espaço entre veículos de tração ativa e veículos motorizados.

A seguir, a Tabela 1 apresenta os tipos de vias, suas respectivas limitações de velocidade e os grupos de usuários correspondentes.

Tabela 1: Tipos de vias e suas respectivas limitações de velocidade

Transporte Urbano de Passageiros - VIAS					
Circuitos	**Velocidade Máxima**	**Motorizado Privado**	**Motorizado Coletivo**	**Transporte Ativo [1]**	**Caminhada e Corrida**
Rodovias - Veíc.Leves	110 km/h	x	-	-	-
Rodovias - Veíc.Pesados	90 km/h	x	x	-	-
Via de trânsito rápido	80 km/h	x	x	-	-
Estradas	60 km/h	x	x	x	-
Via arterial	60 km/h	x	x	x	-
Via Coletora	40 km/h	x	x	x	-
Ciclorrotas	40 km/h	x	x	x	-
Via Local	30 km/h	x	x	x	-
Ciclovias Segregadas [2]	25 km/h	-	-	x	-
Ciclovias	20 km/h	-	-	x	-
Ciclofaixas	20 km/h	-	-	x	-
Acostamento [3]	20 km/h	-	-	x	x

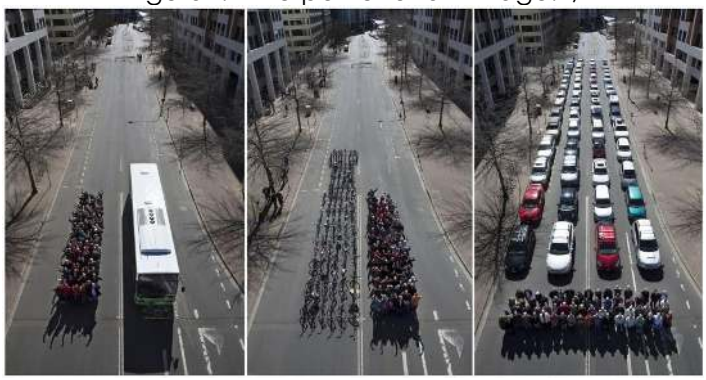
Calçadas	6 km/h	-	-	-	x
Transporte Ativo [1]: O veículo deve trafegar ao menos na metade da velocidade da via.					
Ciclovias Segregadas [2]: Proposta deste trabalha, mais bem apresentada na sequência.					
Acostamento [3]: O tráfego só deve ocorrer quando não houver uma alternativa.					

Fonte: Código de Trânsito Brasileiro - CTB - Lei Nº 9.503/1997.

3.2 Mobilidade e a consciência de espaço urbano, vazão e eficiência

Para compreender a mobilidade urbana, é fundamental estudar os equipamentos disponíveis, suas capacidades e a consciência do espaço que ocupam. A Figura 2, apresentauma sequência de três imagens, cada uma com 69 pessoas, que ilustra o espaço urbano ocupado em três situações distintas: o uso de transporte coletivo, o transporte ativo por bicicleta e o transporte individual por carros.

Figura2: "The power of an image!",



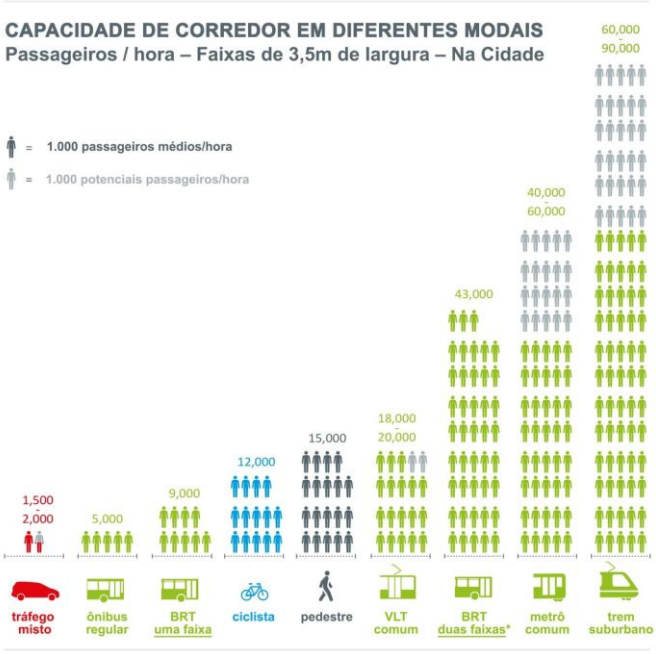
Fonte:Fundação We Ride Australia (https://www.weride.org.au/). Acessada em 07/11/2022

Essa imagem destaca visualmente como diferentes modos de transporte afetam o espaço urbano.Para uma análise comparativa mais aprofundada dos modos de transporte, foi utilizadauma ferramenta simples, a Capacidade de Corredor (BOTMA; PAPENDRECHT, 1991). Esta métrica é definida como o número de passageiros por segundo dividido pela largura do corredor, conforme apresentadona Equação 1:

CAPACIDADE DE CORREDOR = (Nº Passageiros / seg.) / (Largura Corredor) (1)

A Figura 3 destaca o conceito de capacidade de corredor em diversos modos de transporte, considerando a capacidade de transporte de passageiros por hora em uma faixa com largura fixa de 3,5 metros em ambiente urbano.

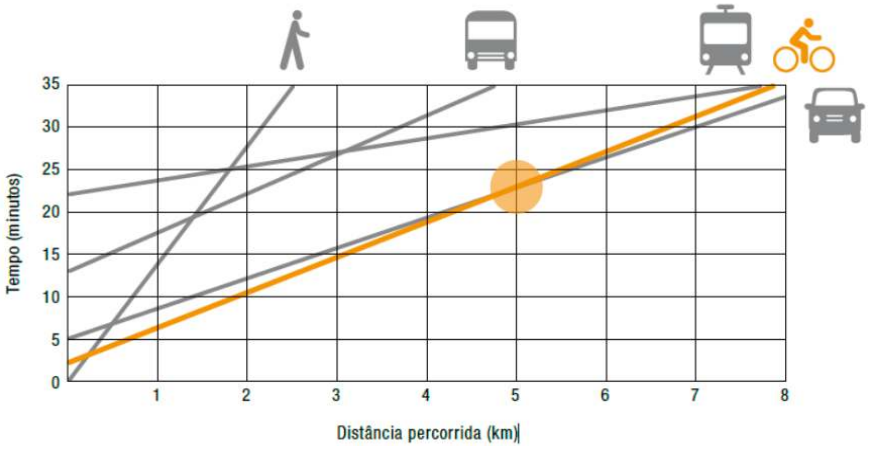
Figura 3: Capacidade de Corredor em Diferentes Modais



Fonte: Adaptado de BOTMA; PAPENDRECHT, 1991

Conformemostra a Figura 3, a capacidade de corredor dos modos de transporte ativo, como bicicletas, é significativamente alta em comparação com os modos motorizados. Isso demonstra o potencial desses modos para movimentar muitas pessoas em um espaço relativamente estreito.Além disso, a Comissão Europeia (2000) destacou que a bicicleta é o veículo mais rápido para percorrer distâncias curtas, como até 5 km (Figura 4).

Figura 4: Transporte mais eficiente até 5 km



Fonte: BOARETO(2010), com dados da Comissão Europeia (2000), p. 25.

Abicicleta é a opção mais eficiente para deslocamentos de até 5 km, levando menos tempo do que qualquer outro meio de transporte. Isso se deve à flexibilidade que ela oferece ao ciclista (Comissão Europeia, 2000, apud BOARETO, 2010).

4. RESULTADOS

A análise preliminar das áreas urbanas, eficiência e fluxo de mobilidade corrobora a possível eficácia das Rotas Integrativas Segregadas de Baixa Velocidade destinadas

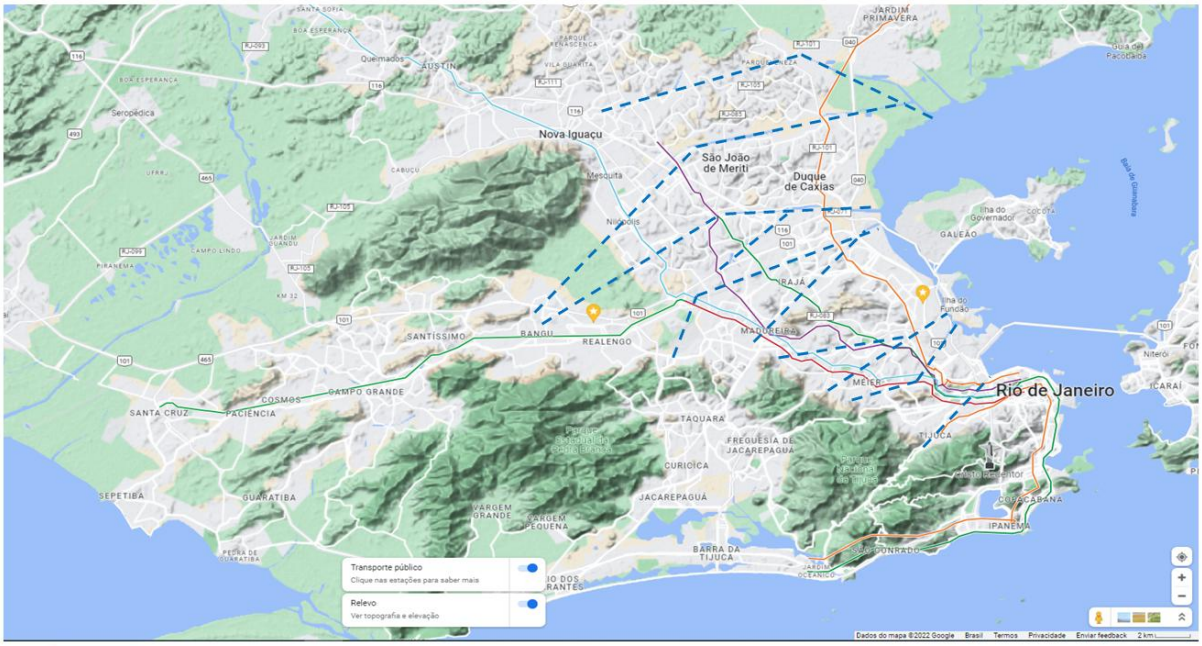
ao Transporte Ativo, Assistido ou Autopropelido, com uma velocidade máxima de 25 km/h. Essas rotas foram concebidas como infraestruturas independentes, otimizadas para a circulação de veículos leves, destacando-se pela capacidade potencial de proporcionar um impacto urbanístico significativo e redução de custos.

No processo de concepção dessas rotas, foi dada prioridade às áreas urbanas com topografia favorável e não edificadas, seja por razões naturais ou legais, como as margens de rios e antigas vias férreas. Além disso, optou-se pela segregação para reforço da segurança dos usuários. O resultado é um sistema de rotas que se revela como uma possível solução viável e eficiente para melhorar a mobilidade regional.

4.1 Macrorregião e Definição das Rotas

Foi escolhida para este estudo, a região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, abrangendo as bacias dos Rios Pavuna e Sarapuí(Figura 5). Esta região apresenta densidade populacional alta e presença de vias férreas, criando um ambiente propício para a implementação derotas integrativas.

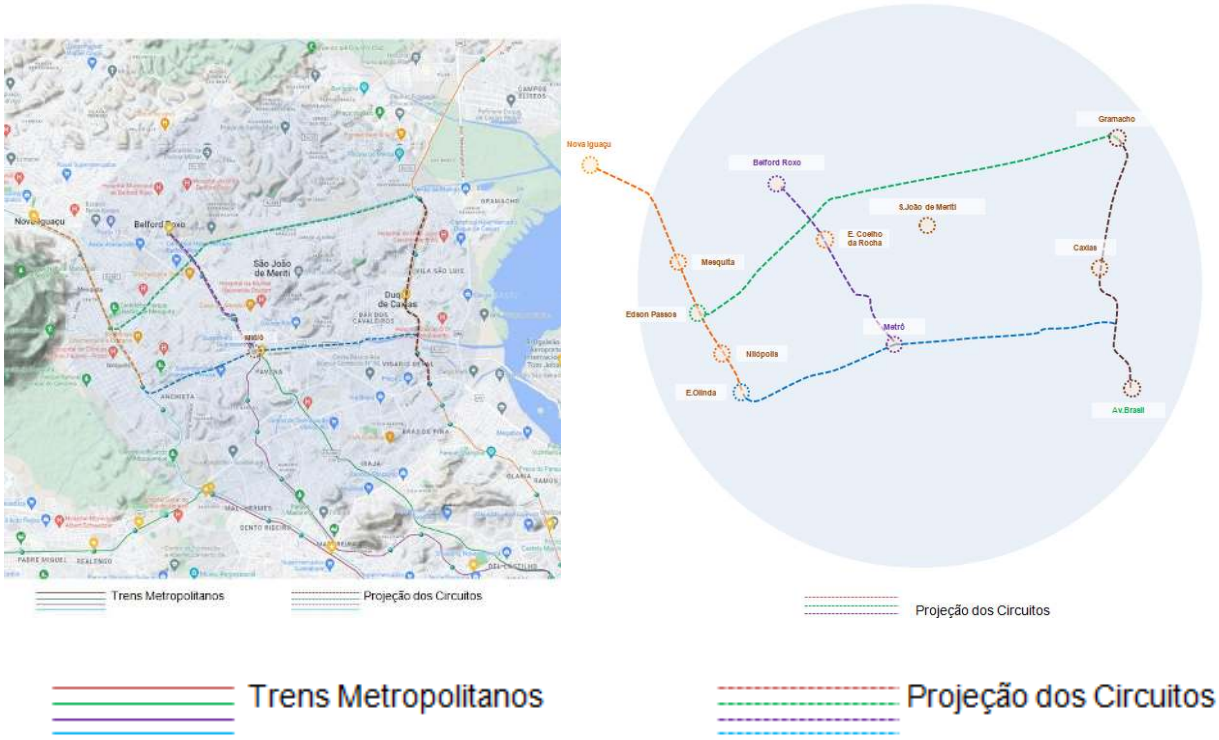
Figura5: Macrorregião da Bacia dos Rios Sarapuí e Pavuna.



. **Fonte**: Adaptado de SILVEIRA, D. H. B. (2023),p. 8.

Desta forma foram propostas 5 rotas (Figuras 6a e 6b) com intuito de formar um circuito integrativo local e de fácil acesso aos principais modais de alta capacidade. Integrando os bairros aos principais centros comerciais e Estações como Metro Pavuna.

Figura 6(a): Rotas Propostas | Figura 6(b): Rotas Propostas destacadas



Fonte: Adaptado de SILVEIRA, D. H. B. (2023), p. 9.

As linhas propostas na Figura 6(b) compreenderiam os seguintes trajetos:

Ⓜ Linha Marrom: Estação Gramacho x Parada de Lucas (Av. Brasil) – Comprimento: 7.768m.

Ⓡ Linha Roxa: Estação Belford Roxo x Estação Pavuna (Metrô) – Comprimento: 5.872m.

Ⓛ Linha Laranja: Est. Nova Iguaçu x Linha Verde x Estação Olinda – Comprimento: 8.030m.

Ⓐ Linha Azul (Rio Pavuna): Est. Olinda x Est. Pavuna x L. Marrom – Comprimento: 11.175m.

Ⓥ Linha Verde (Rio Sarapuí): Est. Ed. Passos x L. Roxa x Est. Gramacho – Comprimento: 13.656m.

4.2 Resultados da Comparação de Tempos de Deslocamento

Foram selecionadas três das cinco rotas simuladas e apresenta-se um comparativo em relação ao tempo dos principais modais circulares: ônibus coletivo, carro, bicicleta, no espaço comum, exclusivo e segregado. Os resultados da comparaçãosão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Trajetos Analisados

Trajeto 1 Nilópolis x Pavuna (metrô)	**Coletivo**	**Carro Comum**	**Bicicleta Via Comum**	**Bicicleta Circuito Fechado**
Distância Percorrida	-	9 km	8 km	7 km
Velocidade Média	-	22 km/h	19 km/h	22 km/h
Tempo de Percurso	50 min	24 min	24 min	20 min
Trajeto2 C. Rocha x Pavuna (metrô)	**Coletivo**	**Carro Comum**	**Bicicleta Via Comum**	**Bicicleta Circuito Fechado**
Distância Percorrida	-	5 km	5 km	4 km
Velocidade Média	-	16 km/h	17 km/h	22 km/h
Tempo de Percurso	33 min	20 min	19 min	12 min
Trajeto 3 Caxias x Pavuna (metrô)	**Coletivo**	**Carro Comum**	**Bicicleta Via Comum**	**Bicicleta Circuito Fechado**
Distância Percorrida	-	11 km	7 km	9 km
Velocidade Média	-	28 km/h	15 km/h	22 km/h
Tempo de Percurso	61 min	23 min	28 min	25 min

Fonte: Adaptado de SILVEIRA, D. H. B. (2023), p.10.

Em relação ao tempo de percurso na análise, seguindo a recomendação de Boareto (2010), foi considerado metade do intervalo de espera do coletivo (desconsiderando o deslocamento até o ponto) e um acréscimo de cinco minutos ao tempo total do carro devido à logística comum de um automóvel.
No Trajeto 1, a bicicleta em circuito fechado e o automóvel comum atingem a mesma velocidade ao longo do percurso (22 km/h). Vale ressaltar que o percurso em circuito fechado é mais curto, pois não possui intersecções.
OTrajeto 2confirma a eficiência da bicicleta em trajetos curtos (até 5 km). Com base na velocidade média, o uso da bicicleta em circuito fechado é 37,5% mais eficiente do que o automóvel comum e 29,4% mais eficiente do que a bicicleta em vias comuns.
No Trajeto 3, o mais longo (entre 7 km e 11 km), o carro comum é mais eficiente (28 km/h). No entanto, considerando rotas segregadas, a diferença no tempo de percurso entre carros comuns e bicicletas em rotas segregadas é de apenas 2 minutos.

5. CONCLUSÕES

A abordagem de rotas segregadas de baixa velocidade apresenta uma perspectiva promissora para melhorar a mobilidade urbana. Ao priorizar veículos não motorizados e assistidos, essa proposta oferece soluções sustentáveis para enfrentar os desafios de congestionamento, acidentes e impactos ambientais nas cidades.

A criação de rotas integrativas segregadas, aproveitando a topografia favorável e infraestruturas pré-existentes, representa um passo inovador na busca por alternativas de transporte mais eficientes e amigáveis ao meio ambiente. A integração multimodal também desempenha um papel fundamental, permitindo que as rotas se conectem a modais de alta capacidade e atuem como alimentadores, tornando o sistema de transporte mais eficaz e abrangente.

Além disso, a simulação de trajetos demonstrou que as rotas segregadas podem competir em termos de tempo de percurso com outros modos de transporte, especialmente em áreas de tráfego intenso. Isso evidencia sua viabilidade e potencial para se tornarem uma opção atrativa para deslocamentos urbanos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Professor Rubens Andrade (EBA-UFRJ) pelo incentivo constante em nossos trabalhos.

REFERÊNCIAS

BOARETO, R. **A bicicleta e as cidades: como inserir a bicicleta na política de mobilidade urbana.** 2ª ed. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2010.

BOTMA, H.; PAPENDRECHT, H. Traffic operation of bicycle traffic. **Transportation Research Record**, n. 1320, 1991.

BRASIL. **Lei nº 12.587**, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2012.

CET 2022 - Novo Rio Pinheiros – **Governo do Estado de São Paulo**. Disponível em: https://novoriopinheiros.sp.gov.br/. Acesso em: 14 out. 2022.

COMISSÃO EUROPEIA. Cidades para Bicicletas, Cidades de Futuro. Luxemburgo, 2000.

CONTRAN. Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução CONTRAN nº 947**, de 28 de março de 2022. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2022.

SILVEIRA, D. H. B. **Circuitos Integrativos Segregados de Baixa Velocidade Para:** Transporte Ativo, Assistidos, ou Autopropelidos até 25 km/h utilizando da topografia favorável, marginais dos rios urbanos e linhas férreas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), ENIAC, Rio de Janeiro, 2023.