

PRIORIZAÇÃO DE TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS EM CIDADES MÉDIAS: REVISÃO, DISCUSSÃO E FERRAMENTAS PARA PLANEJAMENTO

Tatiane Borchers

Rochele Amorim Ribeiro

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana
Universidade Federal de São Carlos

RESUMO

As diversas externalidades provocadas pelo intenso uso dos modos de transporte motorizados individuais podem ser minimizadas com a priorização dos sistemas de transporte público coletivo. A relação entre o ambiente construído e os sistemas de transportes tem sido estudada há décadas, com inúmeras recomendações para o fortalecimento de políticas públicas que orientem o desenvolvimento urbano e o adensamento populacional próximo a eixos estruturadores de transporte. Nesse estudo, apresenta-se uma revisão bibliométrica de sistemas prioritários de transporte coletivo por ônibus realizada com dados obtidos na base de dados SCOPUS, da editora Elsevier. A busca retornou um total de 1265 artigos publicados na plataforma entre 1973 e 2019, com um aumento significativo de publicações a partir de 2009. São apresentados a evolução histórica das publicações sobre este tema, os países com maior número de publicações e uma rede das palavras-chave. Uma das ligações visualizadas nesta rede foi entre prioridade de transporte coletivo por ônibus e métodos de otimização, principalmente algoritmos genéticos e foi discutido como essa ferramenta pode servir de apoio à implantação das faixas exclusivas de ônibus, integrando o planejamento de transportes e o desenvolvimento urbano. Além disso, foi apresentado o cenário de crescimento populacional das cidades brasileiras, que tem sido maior em centros de porte médio e justificativas para a implantação de faixas exclusivas de ônibus como solução para melhoria da mobilidade urbana nesses locais.

ABSTRACT

Externalities caused by the intensive use of the individual motorized transport modes can be minimized by transit prioritization. The interface between the built environment and transport systems has been studied for decades, with recommendations to strengthen public policies that guide urban development and density improvements near of transportation corridors. In this study, it is presented a bibliometric review of bus priority systems based on data from SCOPUS database, from Elsevier publisher. The search returned a total of 1265 articles published on the platform between 1973 and 2019, with a significant increase in publications from 2009. The historical evolution of the publications on this subject, the countries with the largest number of publications and a link network of keywords are presented. One of the linkages obtained was between bus priority and optimization methods, mainly genetic algorithms and it was discussed how this tool can support the implementation of the exclusive bus lanes, integrating transportation planning and urban development. In addition, the scenario of population growth in Brazilian cities, which has been higher in medium sized centers, was presented, besides justifications for the implementation of exclusive bus lanes as a solution to improve urban mobility in these places.

1. INTRODUÇÃO

Com a promulgação da Política Nacional de Mobilidade Urbana, regulamentada pela Lei n. 12.587/2012, ficou instituída a prioridade de modos de transporte ativos e motorizados coletivos sobre os modos motorizados individuais. O objetivo da lei é melhorar a mobilidade urbana nas cidades brasileiras, que sofre consequências oriundas do grande percentual de viagens realizadas por transporte motorizado individual. Segundo dados da ANTP (2018), a divisão modal brasileira possui a maior parte das viagens realizadas por modos ativos (43%), seguidos dos meios de transporte individual motorizado (29%) e de transporte público (28%). A divisão modal varia de acordo com o porte do município, mas a participação dos modos individuais se mantém relativamente estável, com variação entre 27% e 31%. Apesar de a mobilidade ativa ser responsável pelo maior percentual de deslocamentos, as viagens a pé e por bicicleta são realizadas em curtas distâncias e apresentaram uma média percorrida de 1,0 km/habitante/dia, independente do porte do município, enquanto a média nacional de distância percorrida por transporte coletivo foi de 5,3 quilômetros por habitante por dia, com forte variação de acordo

com o porte do município - 8,1km/habitante/dia em municípios com mais de 1 milhão de habitantes e 2,7 km/habitante/dia em municípios com população entre 60 e 100mil habitantes. Priorizar modos de transporte coletivo permite um aumento significativo das distâncias percorridas e pode minimizar problemas causados pelo transporte motorizado individual como congestionamentos, poluição sonora e atmosférica e acidentes, além de promover desenvolvimento sustentável e resiliência nos centros urbanos (UN, 2011).

Sabendo que a infraestrutura e os sistemas de transportes não estão dissociados do ambiente construído, diversos estudos sobre essa relação vêm sendo conduzidos há décadas. Newman e Kenworthy (1996) associam os modelos de formação das cidades com o padrão de viagens gerado por eles, mostrando o efeito de uma cidade desconectada na geração de viagens individuais motorizadas. Atualmente, existe o apelo de se construir cidades mais acessíveis, sustentáveis e energeticamente eficientes. Para tal, os critérios para locação dos sistemas de priorização de transporte coletivo devem levar em consideração o ambiente, buscando locais onde será possível aumentar a captação de demanda, o que ocorrerá em locais com maiores densidades e/ou próximos a pontos geradores e atratores de viagens (CERVERO; DAI, 2014; NEWMAN; KENWORTHY, 1996).

2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste estudo é realizar uma revisão bibliométrica de estudos de priorização de transporte coletivo. Além disso, pretende-se analisar brevemente a associação do tema com planejamento urbano, o status de implantação de faixas exclusivas de ônibus em cidades de porte médio no Brasil e ferramentas que podem dar suporte para a tomada de decisão para otimização da priorização do transporte público coletivo.

3. MÉTODOS

Foi realizada uma revisão bibliométrica com os dados obtidos em uma busca na base de dados Scopus, que de acordo com a Elsevier, é o maior banco de dados de resumos e citações da literatura revisada por especialistas: revistas científicas, livros e anais de congressos. Os termos pesquisados foram “faixa(s) de ônibus” e “prioridade de ônibus”, com as seguintes restrições aplicadas para a busca: tipo de publicação “artigos” e língua “inglês”; foi utilizado o caractere “*” no radical “lan*” para que tanto os resultados no singular e no plural fossem retornados. A busca foi realizada em inglês com os seguintes termos:

```
("bus lan*" OR "bus priority" ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) );
```

Os resultados obtidos na busca foram baixados em formato .csv e importados no software VOSViewer, uma ferramenta para construção e visualização de redes bibliométricas. Foi criado um mapa temático com palavras chaves utilizadas pelos autores. Para construção das redes, foram selecionadas as palavras-chave definidas pelos autores que continham no mínimo 5 ocorrências.

Posteriormente, foi feito um aprofundamento em alguns tópicos como a relação entre o ambiente construído, o cenário do tema nas cidades médias brasileiras e as possíveis políticas e estratégias a serem adotadas para efetiva implantação de sistemas de prioridade de transporte coletivo por ônibus e as principais ferramentas utilizadas no planejamento de sistemas de transportes, as quais podem ser utilizadas para dar suporte ao correto dimensionamento da

infraestrutura necessária.

4. RESULTADOS

A busca com os termos "bus lan*" OR "bus priority", com a limitação a artigos publicados em língua inglesa foi realizada no dia 14 de junho de 2019 e resultou em 1265 artigos em língua inglesa, com 2473 autores e 2556 palavras-chave citadas.

A evolução histórica mostra que houve um aumento significativo na quantidade de publicações a partir de 2009. Foram publicados 32 estudos naquele ano, volume que quadruplicou no pico atingido em 2016 com 132 publicações. Nos anos de 2017 e 2018 houve ligeira queda, com 113 e 119 publicações, respectivamente. Os dados de 2019 não foram considerados nesta parte da análise pelo fato de o ano estar em andamento. Esta evolução histórica das publicações sobre o tema pode ser visualizada na Figura 1.

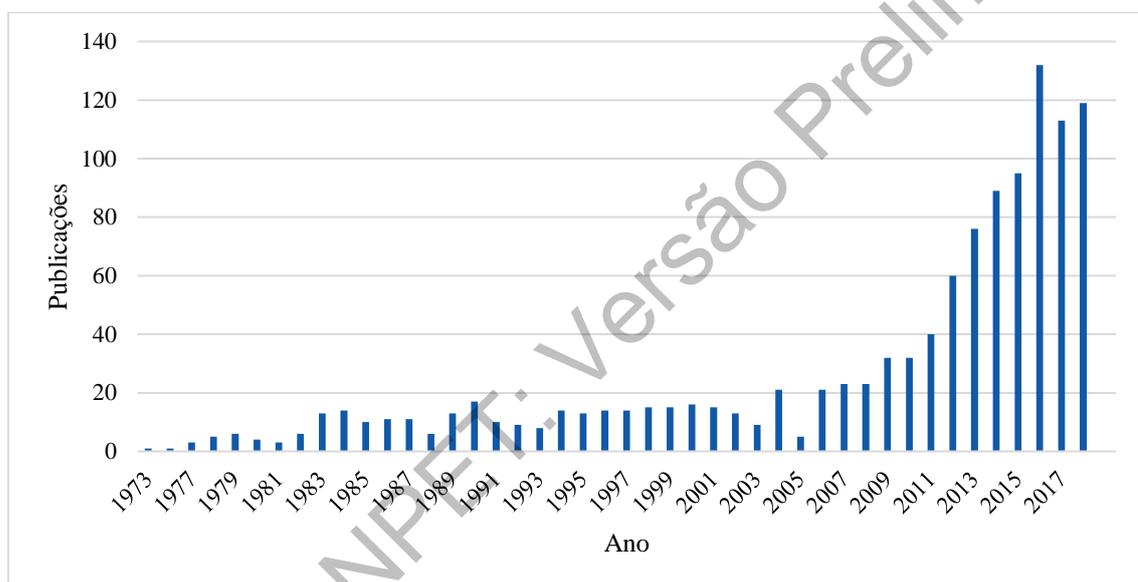


Figura 1: Evolução histórica das publicações indexadas na base de dados Scopus

A Figura 2 mostra os países com maior número de publicações. Os cinco países com mais documentos publicados são os Estados Unidos, a China, o Reino Unido, a Austrália e a Índia. O Brasil aparece na vigésima posição com 15 documentos publicados.

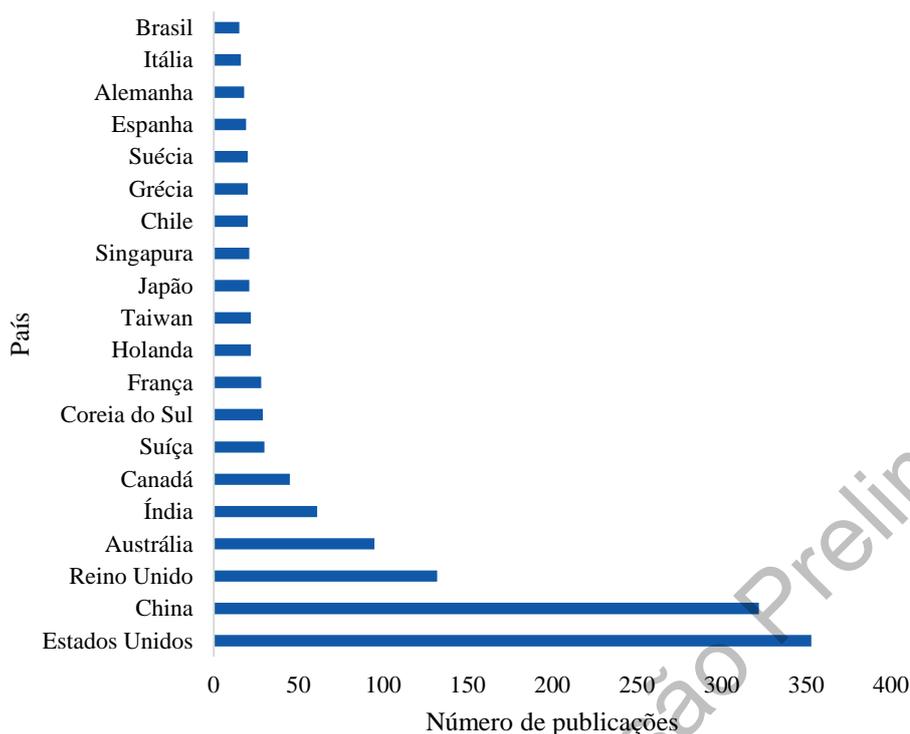


Figura 2: Países com maior número de publicações indexadas na base de dados Scopus

A busca por esses termos retornou 2556 palavras-chave de autores. Para uma melhor visualização da rede das palavras-chaves foi considerada uma ocorrência mínima de 5 vezes para cada palavra, resultando em uma rede interligada com 65 palavras. Na Figura 3, é possível observar a rede gerada no software VOSviewer, os *clusters* formados pelas palavras-chave, diferenciados por cor, além das ligações entre si e quais possuem maior ocorrência - quanto maior o círculo, maior o número de ocorrência da palavra-chave. As palavras-chave com maior ocorrência também são listadas na sequência, na Tabela 1.

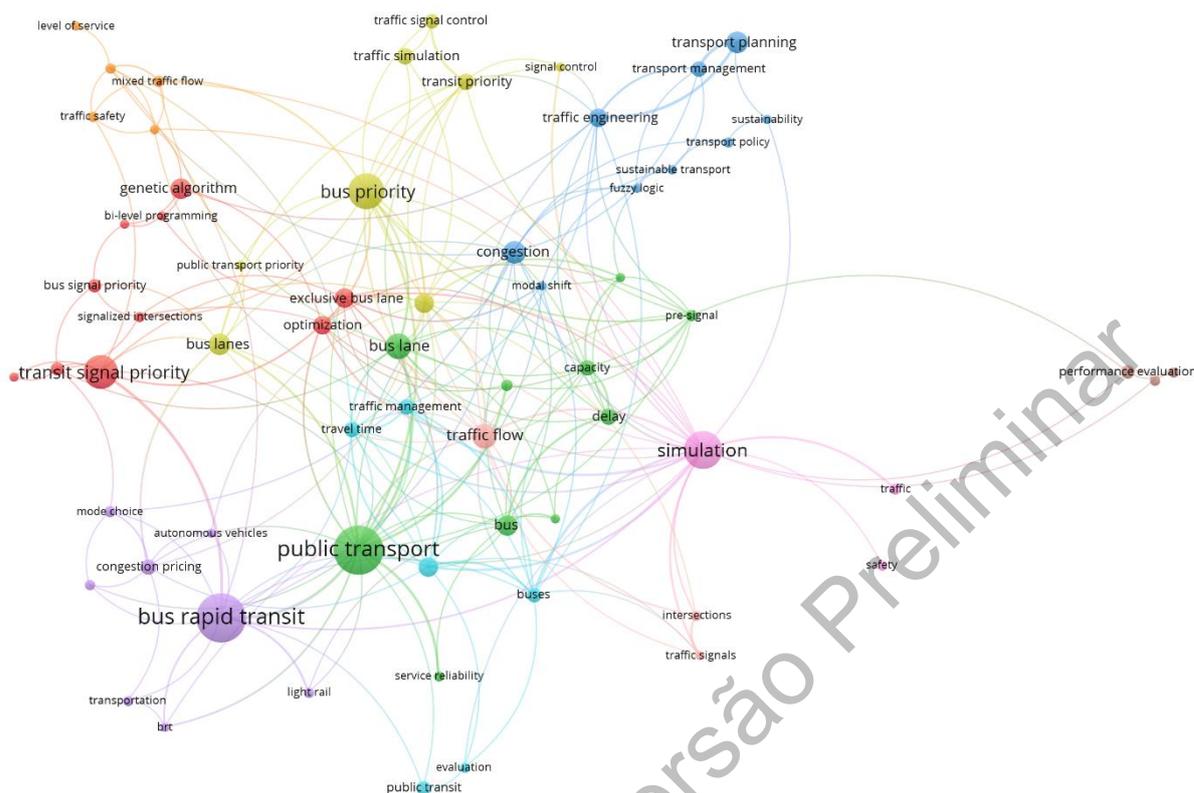


Figura 3: Visualização da rede das palavras-chave para a busca "bus lan*" OR "bus priority" gerada no software VOSViewer

Tabela 1: Palavras-chave com maior número de ocorrências

Termo em inglês	Equivalência do termo em português	Ocorrências
<i>Public transport</i>	Transporte público	42
<i>Bus Rapid Transit</i>	<i>Bus Rapid Transit</i> – Sistemas de ônibus rápido	42
<i>Simulation</i>	Simulação	30
<i>Bus priority</i>	Prioridade por ônibus	28
<i>Transit signal priority</i>	Prioridade de sinais de transporte coletivo	26
<i>Bus lane</i>	Faixa de ônibus	19
<i>Traffic flow</i>	Fluxo de tráfego	18
<i>Congestion</i>	Congestionamento	16
<i>Bus lanes</i>	Faixas de ônibus	15
<i>Transport planning</i>	Planejamento de transportes	15
<i>Bus</i>	Ônibus	14
<i>Genetic Algorithm</i>	Algoritmo genético	14
<i>Public transportation</i>	Transporte público	13
<i>Traffic control</i>	Controle de tráfego	13
<i>Exclusive bus lane</i>	Faixas de ônibus exclusivas	13

5. DISCUSSÃO SOBRE PRIORIZAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS

Os congestionamentos e as demais externalidades já apontadas produzidas pelo crescente uso de veículos motorizados individuais mostram a necessidade de repensar o planejamento urbano

e dos sistemas de transportes. O tema ganhou destaque na última década, como se observa pelo crescimento dos resultados obtidos na revisão bibliométrica desde 2009. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, no objetivo 11 que trata de cidades e comunidades sustentáveis, ressalta que é necessário buscar proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos.

Os estudos sobre BRT em grandes centros urbanos são vastos. Casos clássicos de sucesso como Curitiba e Bogotá na Colômbia aparecem em praticamente todos os estudos da área (BRASIL, 2008; CERVERO; DAI, 2014; EMBARQ BRASIL, 2015; NEWMAN; KENWORTHY, 1996; SUZUKI; CERVERO; IUCHI, 2013). Cervero e Dai (2014), fizeram um estudo de iniciativas de ligação de TOD com BRTs em grandes centros urbanos, mas ressaltam a importância do estudo do tema em cidades de porte médio, dadas as perspectivas de crescimento da população mundial.

5.1 Desenvolvimento orientado ao desenvolvimento sustentável

O termo Desenvolvimento Orientado ao Transporte - DOT (do inglês Transit-Oriented Development – TOD) designa o processo de construção de casas, empregos, locais públicos ou de prestação de serviços próximo a estações de transporte público, que por sua vez, estão localizadas em eixos estruturadores de transporte dentro da cidade (CERVERO, 1998). Este modelo busca reorientar as políticas e estratégias de planejamento urbano, com a construção de bairros compactos, de alta densidade e diversidade de uso, com espaços públicos de qualidade que estimulam a interação social. De maneira geral, a literatura distingue dois níveis de planejamento. No nível local, o modelo estimula as viagens ativas, priorizando a escala humana nas construções, calçadas caminháveis e itinerários cicloviários. No nível da cidade, recomenda o transporte público coletivo para conectar os diversos bairros, ligando os pontos de serviços, comércio, empregos e moradia e reduzindo conseqüentemente a dependência do automóvel (EMBARQ BRASIL, 2015; SUZUKI; CERVERO; IUCHI, 2013). Concentrar o crescimento ao longo de corredores permite a contenção do espraiamento urbano, contribuindo para reduzir os impactos da urbanização nas mudanças climáticas e ao mesmo tempo aumentando a mobilidade de classes mais pobres (CERVERO; DAI, 2014).

Em países em desenvolvimento, a implantação de sistemas férreos se torna inviável dados os custos de construção. Os sistemas de priorização de transporte por ônibus se apresentam, portanto, como uma alternativa cujo custo-benefício é bastante atraente. Tais sistemas também permitem o desenvolvimento em eixos estruturadores, mantendo características como conforto, rapidez e operação frequente (CERVERO; DAI, 2014). É possível distinguir dentre os sistemas de priorização de ônibus, os de alta capacidade, conhecidos como *Bus Rapid Transit* – BRT, que possuem algumas características marcantes como segregação total do fluxo de outros veículos, cobrança antes do embarque e embarque/desembarque em nível, e os de sistemas baixa capacidade, com operação dos veículos em faixas dedicadas, geralmente do lado direito da via, conhecidos como *BRT-light* (BRASIL, 2008; CERVERO; DAI, 2014). Obviamente, sistemas segregados resultam em atendimento a demandas maiores, mas os investimentos são mais altos. As faixas exclusivas, quando bem projetadas e operadas, podem atender satisfatoriamente a demanda das cidades médias com custos acessíveis a esses municípios.

5.2 Faixas exclusivas de ônibus

O aumento do tempo de viagem no transporte público por ônibus pode ser provocado pela

disputa de espaço viário com outros veículos, pelo tempo perdido em interseções semaforizadas e pelo tempo de embarque e desembarque nas paradas. Quando se fala em priorizar esse modo de transporte, as soluções buscam resolver estes impasses e podem ser segregadas em dois focos principais: tempo e espaço. As soluções baseadas em tempo vão buscar reduzir o tempo de espera nas interseções semaforizadas, estendendo o tempo de verde conforme a demanda e proporcionando prioridade nos cruzamentos. São soluções mais tecnológicas, que fazem uso de dispositivos para analisar a presença de ônibus na via e alterar a programação semafórica. Por outro lado, as soluções baseadas em espaço, as quais serão tratadas neste estudo, delimitam parte da via para uso exclusivo dos ônibus, encerrando a disputa por espaço viário e aumentando a fluidez do tráfego para estes veículos (DADASHZADEH; ERGUN, 2018).

De acordo com a Associação Nacional das Empresas de Transporte por Ônibus (NTU, 2013), para a qualificação e priorização espacial de transporte público as principais intervenções físicas que podem ser implantadas são:

- a separação absoluta do fluxo de tráfego, com ausência de outros veículos motorizados que não os de transporte coletivo;
- a separação física de tráfego, característica dos sistemas de BRT - *Bus Rapid Transit*;
- a separação parcial do fluxo de tráfego.

As faixas exclusivas segregam parcialmente o fluxo de tráfego e configuram uma das soluções mais comuns adotadas a nível mundial. No Brasil, iniciativas de implantação são notadas a partir das décadas de 70 e 80, com um aumento significativo em 2013, em virtude dos protestos reivindicando melhorias nos sistemas de transporte coletivo e da proximidade com os eventos da Copa do Mundo de 2014 e das Olimpíadas de 2016, ambas sediadas no país (NTU, 2018). Entre os principais benefícios dessa solução estão maior fluidez na circulação viária os ônibus, aumento de velocidade operacional, redução dos custos operacionais e melhoria dos serviços ofertados à população. O prazo de implantação é relativamente curto quando comparado com outros modelos, os custos financeiros são baixos e, portanto, as faixas exclusivas podem atender quase que imediatamente as expectativas da população, contribuindo para melhorar a mobilidade urbana (NTU, 2013).

5.3 O caso das cidades médias

Segundo dados do relatório Prioridade ao Transporte Público por Ônibus (NTU, 2015), 34 cidades brasileiras possuíam projetos ou faixas exclusivas de ônibus em operação em 2015. Nota-se, portanto, que é praticamente inexistente a implantação de faixas exclusivas a nível nacional, e ainda mais reduzido é o número de cidades de até 500 mil habitantes nessa lista: apenas oito. Dado que o cenário nacional é bastante pobre, cabe o questionamento de porque esse estudo foca nas cidades médias brasileiras. Pois bem, fatores como a escassez de recursos e a demanda por transporte coletivo pouco justificarão a implantação de um sistema BRT completo, mas ainda assim se faz necessário priorizar o transporte coletivo nesses municípios. Estas cidades configuram um nicho a ser estudado, dado o histórico de desenvolvimento urbano brasileiro e as expectativas de crescimento que serão comentados a seguir.

Primeiramente, cabe o questionamento do que é uma cidade média. Não existe unanimidade para esse conceito. Enquanto o IBGE define como médias as cidades com população entre 100 e 500 mil habitantes, ou seja, considerando apenas a variável quantitativa população, diversos autores defendem que a definição pode partir do papel desempenhado pelo centro urbano na rede regional, ou seja, que variáveis qualitativas serviriam para definir uma cidade média (DA

SILVA, 2013). Para Castello Branco (2006), os fatores mais importantes para definição são o tamanho populacional e econômico, o grau de urbanização, a centralidade, responsável pelo poder de articulação com os demais centros urbanos, e a qualidade de vida.

Por facilidade de acesso de dados estatísticos, será adotada a definição de cidades médias do IBGE para essa discussão. O processo de reorganização territorial pelo qual o Brasil passou a partir da década de 1970 e que inverteu o ritmo de crescimento das cidades brasileiras, desacelerou as grandes cidades brasileiras e aumentou o dinamismo das médias (GOULART; TERCI; OTERO, 2017). Os dados do Censo de 2010 mostram que havia 245 municípios considerados de porte médio, somando cerca de 25,46% da população nacional (IBGE, 2010). Segundo dados do IPEA (2010) sobre o censo, a taxa de crescimento das cidades médias brasileiras entre 2001 e 2010 foi de 1,5%, 0,33% acima da média nacional que foi de 1,17%. A mesma mudança na urbanização foi observada mundialmente e o crescimento populacional tem se concentrado em centros urbanos menores, ao contrário do século anterior cujo crescimento ocorreu em grandes aglomerações urbanas e metrópoles. Atualmente, mais de 50% da população urbana mundial vive em cidades com menos de 500 mil habitantes. As cidades médias vão, portanto, começar a ser alvo dos problemas já observados nas grandes cidades. A incapacidade de promover mitigação e ações de adaptação ao crescimento de maneira rápida estão entre os principais desafios que estes municípios vão precisar enfrentar. O planejamento do desenvolvimento urbano aliado ao planejamento dos sistemas de transportes, principalmente se incentivado o uso de modos coletivos, será fundamental para promover sustentabilidade e resiliência urbana (UNITED NATIONS, 2011).

Entretanto, a realidade é desafiadora. A divisão modal das cidades médias, apresentada pela ANTP (2018a, 2018b, 2018c), mostra que houve aumento da participação dos modos motorizados individuais entre 2014 e 2016, passando de 29% para 30,6% em cidades com 100 a 250 mil habitantes (Figura 4) e de 28,8% para 30,3% em cidades com 250 a 500 mil habitantes (Figura 5). A priorização do transporte coletivo deve tentar reverter essa situação e buscar a migração desse modo para o transporte público por ônibus, cujas viagens de representam menos de 25% do total de viagens realizadas em ambos os perfis de município e apresentaram queda percentual nos anos de 2014 a 2016. As viagens em modos não motorizados, apesar de representarem a maior fatia da divisão modal, também apresentaram queda percentual nesse período.

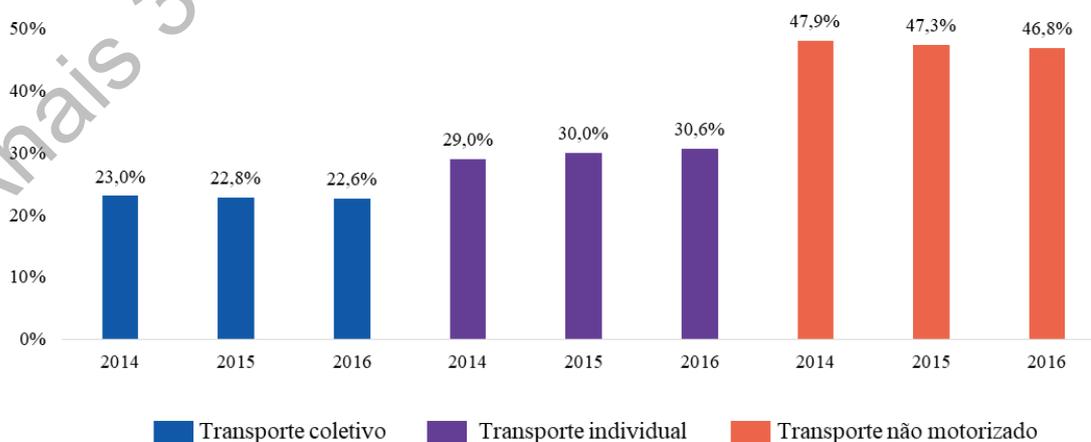


Figura 4 – Divisão modal nas cidades médias com 100 a 250 mil habitantes. Fonte: ANTP (2018a, 2018b, 2018c)

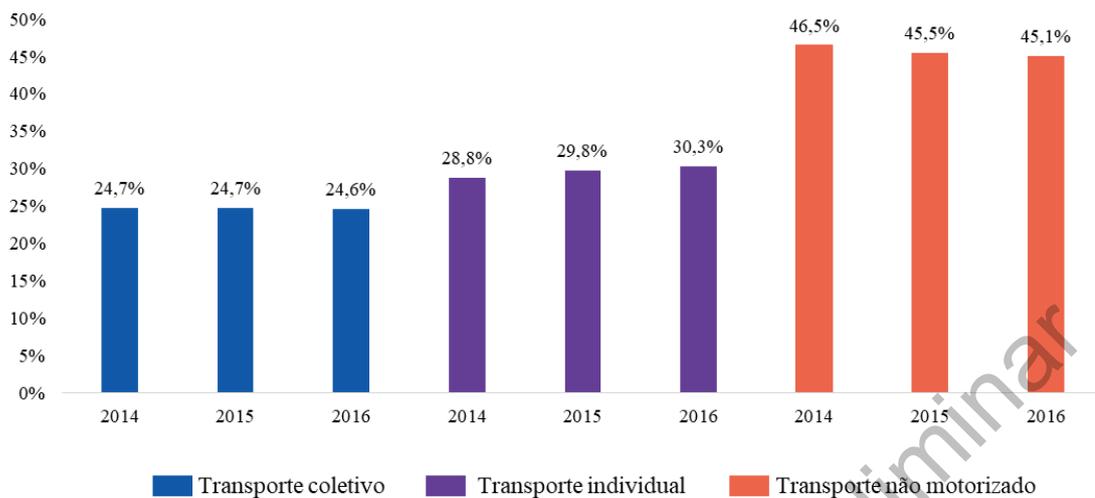


Figura 5 – Divisão modal nas cidades médias com 250 a 500 mil habitantes. Fonte: ANTP (2018a, 2018b, 2018c)

5.4 Ferramentas para análise da viabilidade de implantação das faixas exclusivas

A literatura mostra que os principais critérios para localização de faixas exclusivas estão relacionados com a possibilidade de aumento de captação de demanda para o sistema, que ocorre em locais com maiores densidades e/ou próximos a pontos geradores e atratores de viagens (CERVERO; DAI, 2014; NEWMAN; KENWORTHY, 1996). Espera-se que estes esses locais estejam em áreas urbanas consolidadas, que necessitam passar por melhorias a fim de satisfazer as expectativas dos usuários. Mesmo assim, se faz necessário o uso de ferramentas mais avançadas para confirmar a decisão de onde implantar efetivamente as faixas exclusivas, garantindo que a rede de transporte coletivo como um todo esteja otimizada. A análise bibliométrica revelou estudos sobre métodos de otimização baseados em algoritmos genéticos aplicados ao planejamento de sistemas de ônibus. Busca-se aqui, explicar brevemente estes estudos e analisar como o algoritmo genético pode facilitar as estratégias de implementação das faixas exclusivas.

A modelagem de problemas de transporte coletivo pode ser analisada sob dois vieses: o dos passageiros e o dos operadores. Do ponto de vista dos passageiros, o sistema precisa atender a demanda observando requisitos de qualidade, regularidade, conforto e confiabilidade a um preço atrativo. Do ponto de vista do operador, o sistema deve oferecer condições para maximizar o lucro. Equilibrar esses interesses conflitantes é um ponto fundamental no planejamento de transportes. Isso torna esses problemas complexos de serem resolvidos e em essência, requerem a otimização de mais de um objetivo, geralmente conflitantes entre si, ou seja, eles são denominados multiobjetivos (GUIHAIRE; HAO, 2008).

Justamente pelo conflito das funções objetivo, não existe uma única solução que otimize ambos os objetivos ao mesmo tempo. Os problemas multiobjetivos tem, portanto, várias soluções factíveis, denominadas de Soluções de Pareto (Pareto Frontiers). Uma solução é uma solução de Pareto se não for possível melhorar um objetivo sem deteriorar pelo menos (um) outro objetivo (ARBEX; BARBIERI, 2015; DEB et al., 2001; GUIHAIRE; HAO, 2008; KHOO; TEOH; MENG, 2014; ZHOU et al., 2011). Devido à natureza baseada em sua população, os algoritmos evolutivos conseguem aproximar todas as soluções de Pareto de um problema multiobjetivo em uma única simulação (DEB et al., 2001; ZHOU et al., 2011). Os algoritmos

evolutivos, categoria na qual os algoritmos genéticos estão inseridos, são métodos de otimização e de busca que se baseiam na teoria da seleção natural e sobrevivência do mais apto, proposta por Charles Darwin em “A Origem das Espécies”. Tais algoritmos foram propostos por Holland em 1975 e popularizados por Goldenberg em 1989 (DE LACERDA; DE CARVALHO, 1999).

Diversos autores têm associado o planejamento de transportes com algoritmos de otimização. Guihaire e Hao (2008) realizaram uma revisão dos modelos utilizados para resolução de problemas associados com desenho de rede de transporte coletivo e suas respectivas frequências e classificaram os métodos em quatro grandes famílias: 1) heurísticas específicas e ad hoc; 2) Pesquisa de vizinhança (Neighborhood Search); 3) pesquisa evolutiva (Evolutionary search), onde se enquadram os algoritmos genéticos; e 4) pesquisa híbrida (Hybrid search) que combina dois ou mais métodos de solução. São citados inúmeros exemplos nessa revisão, mas de maneira geral percebe-se a pré-seleção de vias ou rotas candidatas à otimização, além de funções de minimização de custo de passageiros e operadores. Ainda, como exemplos as funções objetivo, é possível citar as de Arbex e Barbieri (2015), que alternavam minimizar o tempo de viagem dos passageiros e o custo dos operadores, ou as de Khoo, Teoh e Meng (2014), que buscavam minimizar o tempo de viagem de ônibus e dos demais veículos da via, cujo resultado definiria em quais vias deveriam ser implantadas faixas exclusivas de ônibus.

Resumidamente, a bibliografia estudada sobre o tema apresenta a seguinte estrutura do modelo de desenho de uma rede de transporte coletivo: 1) propósito ou objetivo final: definir rotas em uma área de estudos, assim como pontos de parada; 2) dados de entrada: relacionados à rede física existente e aos dados de demanda; 3) funções objetivos e restrições: escolha das funções a serem minimizadas ou maximizadas, além das restrições que podem ser relacionadas por exemplo, com área de cobertura, número de linhas e percentual de demanda atendido (GUIHAIRE; HAO, 2008).

Além disso, o uso de softwares de Sistemas de Informações Geográficas – SIG para planejamento de transportes tem sido intenso nas últimas décadas. Com eles, é possível integrar dados socioeconômicos e ambientais com os de transporte (BRASIL, 2008). A associação de ambos os métodos é bastante promissora para a modelagem desse problema complexo, permitindo que excelentes modelos matemáticos possam ser alocados e representados no espaço. Entretanto, há a limitação de que esses métodos muitas vezes estão restritos aos meios acadêmicos. Uma solução para tal é, quando possível, a união do poder público municipal com centros de pesquisa e universidades da região.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou uma revisão bibliométrica sobre o tema de prioridade de transporte coletivo por ônibus, com busca na base de dados Scopus no dia 14 de junho de 2019 e 1265 resultados retornados. Foi feita também uma discussão sobre o cenário de mobilidade e crescimento das cidades médias brasileiras, além da apresentação de ferramentas que podem auxiliar no planejamento adequado das redes de transporte dessas cidades.

Percebeu-se que temas referentes ao planejamento de transporte estão em ascensão nos últimos dez anos. A análise bibliométrica mostrou que o número de publicações sobre prioridade de transporte coletivo por ônibus foi quase quatro vezes maior em 2018 em comparação com 2009. Os países com maior número de publicações foram Estados Unidos, China, Reino Unido,

Austrália e Índia. O Brasil apareceu em vigésimo lugar, com 15 documentos publicados. A pesquisa retornou 2556 palavras-chave, que foram agrupadas em uma rede de palavras-chave que atendiam ao requisito de no mínimo 5 ocorrências; a rede foi composta por 65 palavras-chave.

Notou-se a ocorrência de palavras-chave como otimização e algoritmos genéticos ligadas à prioridade de ônibus. Percebido isto, analisou-se como o uso dessas ferramentas para modelagem e implantação das faixas exclusivas pode facilitar o planejamento da infraestrutura. Dada a complexidade de tais assuntos, pode ocorrer escassez de capital humano capacitado nas prefeituras, mas sugere-se que os municípios busquem recursos com entidades estaduais e federais ou parcerias com universidades e centros de pesquisa.

Notou-se que o país ainda é incipiente como produtor das pesquisas sobre o tema que estão incorporadas na base de dados analisada e que as iniciativas de implantação de faixas exclusivas são escassas. Reforça-se, portanto, a necessidade de incentivo a pesquisas sobre o tema, para que justificada a importância das medidas preventivas aos problemas de mobilidade urbana dos centros urbanos de médio porte, sejam adotadas políticas para efetiva implantação de sistemas de priorização de transporte público por ônibus. Destaca-se que o planejamento de transportes deve ser associado com outras áreas e que é imprescindível que haja alinhamento com as políticas de desenvolvimento urbano e habitação.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTP (2018) *Relatório 2014 - Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público*. Associação Nacional de Transportes Públicos: ANTP. Disponível em: <<http://www.antp.org.br/relatorios-a-partir-de-2014-nova-metodologia.html>>. Acesso em: 02 mai. 2019.
- ANTP (2018) *Relatório 2015 - Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público*. Associação Nacional de Transportes Públicos: ANTP. Disponível em: <<http://www.antp.org.br/relatorios-a-partir-de-2014-nova-metodologia.html>>. Acesso em: 02 mai. 2019.
- ANTP (2018) *Relatório 2016 - Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público*. Associação Nacional de Transportes Públicos: ANTP. Disponível em: <<http://www.antp.org.br/relatorios-a-partir-de-2014-nova-metodologia.html>>. Acesso em: 02 mai. 2019.
- Arbex, R. O e Barbieri, C (2015) Efficient transit network design and frequencies setting multi-objective optimization by alternating objective genetic algorithm. *Transportation Research Part B*, v. 81, p. 355–376, 2015.
- BRASIL (2012) Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12587-3-janeiro-2012-612248-norma-actualizada-pl.html>>. Acesso em 01 jul. 2019.
- BRASIL (2008) Ministério das Cidades. *Manual de BRT- Bus Rapid Transit*. Ministério das Cidades, Brasília, DF.
- Castello Branco, M. L. (2006) Cidades Médias no Brasil. In: Sposito, E. S; Sposito, M. E. B.; Sobarzo, O. (Orgs.) *Cidades médias: produção do espaço urbano e regional*. Expressão Popular, São Paulo, SP.
- Cervero, R. (1998) *The Transit Metropolis: A Global Inquiry*. Island Press, Washington, DC.
- Cervero, R.; Dai, D. (2014) BRT TOD: Leveraging transit oriented development with bus rapid transit investments. *Transport Policy*, v. 36, p. 127–138.
- Da Silva, A. L. (2013) Breve discussão sobre o conceito de cidade média. *Geogingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia*, v. 5, n. 1, p. 58-76.
- Dadashzadeh, N. e Ergun, M. (2018) Spatial bus priority schemes, implementation and needs: an overview and directions for future studies. *Public Transport*, v. 10, n. 3, p. 545–570.
- De Lacerda, E. G. M. e De Carvalho, A. C. P. L.F. (1999) *Introdução aos algoritmos genéticos. Sistemas inteligentes: aplicações a recursos hídricos e ciências ambientais*, v. 1, p. 99-148.

- Deb, K.; Pratap, A.; Agarwal, S. e Meyarivan, T. (2001) A fast and elitist multi-objective genetic algorithm: NSGA - II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, v. 6, n. 0, p. 182–197.
- Elsevier (2019). Scopus. Editora Elsevier. Disponível em: <<https://www.scopus.com/home>>. Acesso em: 14 jun. 2019.
- EMBARQ BRASIL (Org.). (2015) *Manual de desenvolvimento urbano orientado ao transporte sustentável*.
- Goulart, J. O.; Terci, E. T. e Otero, E. V. (2013) A dinâmica urbana de cidades médias do interior paulista sob o Estatuto da Cidade. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 15, n. 1, p. 183.
- Guihaire, V.; Hao, J. K. (2008) Transit network design and scheduling: A global review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 42, n. 10, p. 1251–1273.
- IBGE (Org.). (2010) *Censo Demográfico - Tabela 1290*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1290>>. Acesso em: 26 abr. 2019.
- IPEA (2010) *Nº 68 Análise preliminar dos dados do Censo 2010*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Ministério da Economia, Brasília, DF.
- Khoo, H. L.; Teoh, L. E.; Meng, Q. (2014) A bi-objective optimization approach for exclusive bus lane selection and scheduling design. *Engineering Optimization*, v. 46, n. 7, p. 987–1007.
- Newman, P. W. G.; Kenworthy, J. R. (1996) The land use-transport connection: An overview. *Land Use Policy*, v. 13, n. 1, p. 1–22.
- NTU (Org.). (2018) *Anuário NTU 2018*. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos – NTU, Brasília.
- NTU (Org.). (2013) *Faixas exclusivas de ônibus urbanos*. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos – NTU, Brasília.
- NTU (Org.). (2015) *Prioridade ao transporte público por ônibus: Panorama dos projetos e investimentos*. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos – NTU, Brasília.
- ONU (Org.). (2015) *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Organização Das Nações Unidas, traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio). Disponível em <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em 01 jul. 2019.
- Suzuki, H.; Cervero, R.; Iuchi, K. (2013) *Transforming Cities with Transit and Land-Use Integration for Sustainable Urban Development*. The World Bank, Washington, DC.
- UN (Org.). (2011) *Global Report on Human Settlements 2011 - Cities and Climate Change*. United Nations Human Settlements Programme, London - Washington DC.
- Vosviewer para Windows (2019), versão 1.6.11. Desenvolvido por Nees Jan van Eck e Ludo Waltman no Centro de Ciência e Estudos de Tecnologia da Universidade de Leiden. Disponível em <<https://www.vosviewer.com/>>. Acesso em 15 jun. 2019.
- Zhou, A.; Qu B.-Y.; Li H.; Zhao S.-Z.; Suganthan P. N. e Suganthan Q. (2011) Multiobjective Evolutionary Algorithms: Survey of the State of the Art. *Swarm and Evolutionary Computation*, v. 1, n. 1, p. 32–49.

Tatiane Borchers (tati.borchers@gmail.com)

Rochele Amorim Ribeiro (rochele@ufscar.br)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (<http://www.ppgeu.ufscar.br/>)

Universidade Federal de São Carlos (<https://www2.ufscar.br/>)