



Panorama do transporte ferroviário urbano no Brasil e no mundo

Vinicius Tischer¹

✉ viniciustischer@hotmail.com

1. Universidade do Vale do Itajaí - SC.

Histórico do Artigo:

Recebido em: 09 de dezembro de 2017

Aceito em: 14 de março de 2018

Publicado em: 30 de junho de 2018

Resumo: O modelo de transportes urbanos no Brasil, fundamentado no uso de carros particulares vêm causando inúmeras externalidades econômicas sociais e ambientais. Com isso há uma necessidade de repensar sobre novas abordagens e modais de transportes para o planejamento urbano de forma mais sustentável e que promovam melhorias na qualidade de vida, qualidade ambiental e melhorem a competitividade econômica dos municípios brasileiros. O artigo teve por objetivo fomentar discussão e contextualização acerca da infraestrutura ferroviária urbana por meio de panorama do transporte no Brasil e no mundo. Como objetivo secundário, foi determinada a infraestrutura ferroviária existente em nível mundial considerando aspectos quali-quantitativos desta, buscando e sua relação com aspectos demográficas, em subsídio a implementação da infraestrutura no Brasil. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas, sendo a primeira etapa uma discussão bibliográfica acerca da infraestrutura ferroviária, enfatizando os desafios, benefícios e experiências bem sucedidas no Brasil e em nível mundial. Na segunda etapa, foi realizada compilação de dados da infraestrutura ferroviária urbana em municípios ao longo do mundo que possuem esta infraestrutura implementada, correlacionando estes com variáveis demográficas (população e densidade demográfica). A análise bibliográfica e da infraestrutura ferroviária implementada no mundo permitiu compilar a distribuição da infraestrutura no mundo assim como identificar as oportunidades do modal para Brasil.

Palavras-chave: Transporte ferroviário urbano. Mobilidade urbana. Transporte urbano. Densidade demográfica.

Panorama of urban rail transportation in Brazil and in the world

Abstract: The urban transport in Brazil, based on the use of private cars has been causing innumerable social and environmental economic externalities. With this, there is a need to rethink new approaches and modes of transportation for urban planning in a more sustainable way which could promote improvements in the quality of life, environmental quality and improve economic competitiveness of Brazilian municipalities. The purpose of this article was to promote discussion and contextualization about the urban railway infrastructure with a panorama of transportation in Brazil and in the world. As a secondary purpose, it was determined the existing railway infrastructure at the global level considering its qualitative and quantitative aspects, and its relation with demographic aspects, in order to subsidize the implementation of the infrastructure in Brazil. The work was developed in two stages, in the first it was conducted a bibliographical discussion about the railway infrastructure, emphasizing the challenges, benefits and successful experiences in Brazil and worldwide. In the second stage, it was developed data collection of urban railway infrastructure in municipalities throughout the world that have this infrastructure implemented, correlating these with demographic variables (population and demographic density). The bibliographical analysis and the railway infrastructure implemented in the world allowed to compile the distribution of the infrastructure in the world as well as to identify opportunities for the modal to Brazil.

Keywords: Urban rail transport. Urban mobility. Urban transport. Demographic density.

Panorama del transporte ferroviario urbano en Brasil y en el mundo

Resumen: El modelo de transporte urbano en Brasil, fundamentado en el uso de automóviles particulares, ha provocado innumerables externalidades económicas, sociales y ambientales. Con ello hay una necesidad de repensar sobre nuevos enfoques y modales de transportes para la planificación urbana de forma más sostenible y que promuevan mejoras en la calidad de vida, calidad ambiental y mejoren la competitividad económica de los municipios brasileños. El artículo tuvo por objetivo fomentar discusión y contextualización acerca de la infraestructura ferroviaria urbana a través del panorama del transporte en Brasil y en el mundo. Como objetivo secundario, se determinó la infraestructura ferroviaria existente a nivel mundial considerando aspectos cual-cuantitativos de ésta, buscando y su relación con aspectos demográficos, en subsidio a la implementación de la infraestructura en Brasil. El trabajo fue desarrollado en dos etapas, siendo la primera etapa una discusión bibliográfica acerca de la infraestructura ferroviaria, enfatizando los desafíos, beneficios y experiencias exitosas en Brasil ya nivel mundial. En la segunda etapa, se realizó la compilación de datos de la infraestructura ferroviaria urbana en municipios a lo largo del mundo que poseen esta infraestructura implementada, correlacionando estos con variables demográficas (población y densidad demográfica). El análisis bibliográfico y de la infraestructura ferroviaria implementada en el mundo permitió compilar la distribución de la infraestructura en el mundo así como identificar las oportunidades del modal para Brasil.

Palabras clave: Transporte ferroviario urbano. Movilidad urbana. Transporte urbano. Densidad demográfica.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento das cidades e da frota de transporte individual, principalmente carros de passeio, uma série de problemas ambientais, sociais e econômicos têm sido desencadeados (ONU-UNHABITAT, 2015; SEABRA *et. al.*, 2013). Cidades estão confrontando diversos problemas relacionados a transportes, resultantes do aumento no número de veículos particulares como o principal modal de transporte, sobretudo em países em desenvolvimento. Segundo Sadik-Khan; Solomonow (2017) as cidades são planejadas para veículos particulares, não por que seja mais eficiente, mas por que a maioria dos outros modais se tornaram impossíveis após a decisão de planejamento tomada há décadas.

Com a promulgação da Política Nacional da Mobilidade Urbana (PNMU, Lei 12.587/2012) a mobilidade urbana foi enfatizada como um setor de influência direta para a promoção do desenvolvimento sustentável, tendo como diretriz a mitigação dos custos ambientais e socioeconômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas nas cidades, além do incentivo para a adoção de modais alternativos, integrado ao sistema urbano, transporte ferroviário, e fomento à mobilidade de pedestres.

Em países em desenvolvimento os impactos do sistema de mobilidade urbana são particularmente intensificados devido a deficiências no transporte público que provocam um crescimento na frota de carros. Com relação ao Brasil, apesar de recentes investimentos em

infraestrutura cicloviária e ações pontuais acerca de transporte público, o país segue com um modelo deficiente de transportes urbanos.

Este quadro ocasiona diversas externalidades, tanto ambientais como socioeconômicas. Diariamente, estimam-se que milhões de reais de ônus são gerados devido a problemas relacionados à mobilidade urbana, gerando situações de congestionamentos, poluição ambiental, aumento de consumo de combustível, tempo perdido no deslocamento, etc., como mostram os estudos de ANTP (1999), IPEA (2013), Scaringella (2001) e Cintra (2013). Costa *et al* (2013), François *et al* (2017), Lindsay *et al* (2011), Moriarty (2016) e (Link et al, 2016) também alertam que o uso excessivo de automóveis e demais veículos automotores, comprometem a qualidade do ar urbano, e seus efeitos, somados ao estresse, à vibração e ao ruído, impactam a saúde pública e a qualidade de vida da população. Gakenheimer (1999), ANTP, (1999) e IPEA (2013) destacam impactos relacionados ao aumento do consumo de combustíveis e do excesso de tempo perdido das pessoas em congestionamentos.

Este cenário implica na urgente necessidade de melhorias na concepção e planejamento das cidades. Um dos grandes desafios para o planejamento de cidades é o de fornecer aos seus habitantes melhores condições de mobilidade, considerando modais alternativos, com uma eficiência e qualidade mínima, fundamentado em aspectos sustentáveis (redução de impactos ambientais) e que promovam uma melhoria da qualidade de vida da população.

Bernardes; Ferreira (2013) apontam que um planejamento adequado dos transportes deve ter por fundamento a prestação de serviços de qualidade (custos, conforto, segurança, confiabilidade), integração com outros modais, redução dos problemas ambientais (ruído, emissão de poluentes, redução dos acidentes de trânsito), além de promover ações sustentáveis para os espaços urbanos, bem como garantir uma melhoria na qualidade de vida da sociedade.

Litman; Burwell (2006) citam que, para um transporte sustentável são necessárias melhorias no transporte público, que podem incluir a combinação de diversos modais, como o transporte ferroviário, rodoviário, e o não motorizado associado a medidas de planejamento urbano da cidade e vias para acomodar os diversos modos.

Nesse sentido, torna-se importante estudar as práticas e *benchmarking* relacionados ao transporte urbano em nível mundial, sendo válidos exercícios comparativos e correlações entre diversas variáveis, para que possam ser identificadas oportunidades e potencialidades de novas abordagens dentro da gestão de transportes e mobilidade urbana sustentável.

O objetivo do trabalho foi o de fomentar discussão acerca da infraestrutura ferroviária urbana por meio de panorama do transporte no Brasil e em nível mundial. Além disso, a pesquisa tem por objetivo secundário caracterizar a infraestrutura ferroviária existente em nível mundial considerando aspectos quali-quantitativos, buscando a contextualização com aspectos demográficos, em subsídio a implementação da infraestrutura no Brasil. E dessa forma, contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população e da qualidade ambiental.

O artigo traz à tona discussão acerca da pertinência de compatibilizar o transporte urbano ferroviário com demais modais, sendo considerando um modelo de transportes mais eficiente e com menos impacto ambiental no Brasil. Para isso foi realizado referencial teórico acerca do tema e pesquisa da utilização da infraestrutura em nível mundial, correlacionado aspectos desta com características demográficas dos municípios.

O transporte ferroviário no Brasil e no Mundo

Pouco explorado no Brasil, o transporte ferroviário é uma das modalidades que gera menos impacto ambiental negativo entre os transportes de passageiros, comparativamente aos modais rodoviários e de aeroviário (KAGESON, 1993 e ELLWANGER, 2000).

Esta modalidade tende a proporcionar uma melhor qualidade de serviço, fator que atrai mais viajantes, com capacidades que permitem transportar mais passageiros por veículo, reduzindo os custos de mão de obra, demanda de menos terra, e causa menos poluição do ruído e do ar em comparação com os ônibus a diesel (LITMAN, 2015).

Vaz *et al.* (2014) aponta que no Brasil a infraestrutura ferroviária é voltada, predominantemente, para o transporte de cargas. Dos 30.129 km de trilhos, apenas 1.437 km são destinados ao transporte de passageiros, além de vários problemas para a integração da rede nacional como as diferenças de bitolas em utilização. Apesar deste cenário, foram previstos investimentos, por meio do BNDS, de mais de R\$ 100 bilhões em transporte ferroviário até 2017, sendo R\$46 bilhões destinados ao transporte urbano sobre trilhos.

Muitos são os desafios para o país realizar em relação aos transportes ferroviários. Vaz *et al.* (2014) destaca a necessidade de estabilização da produção local, sendo necessário que a indústria e fornecedores locais estejam prontos para responder à demanda; e que os investimentos na malha ferroviária brasileira, para cargas e passageiros, devem ser parte de um plano contínuo de desenvolvimento de longo prazo, pensado de forma integrada e não somente marcada por intervenções pontuais.

O modelo de planejamento urbano das cidades brasileiras favorece o uso de veículos automotores em detrimento de ações para pedestres, ciclistas e transporte público coletivo de maior eficiência (MIRANDA; CITADIN; ALVES, 2009). Como exemplo, dados do IBGE (2012) apontam que apenas 17 municípios brasileiros possuem metrô (0,31% dos municípios). Cabe ressaltar que, no ano de 2015, o Brasil possuía 17 cidades com mais de 1 milhão de habitantes (10 dispõem de serviços de metrô), 41 com mais de 500 mil habitantes e 304 cidades com mais de 100 mil habitantes (IBGE, 2015).

Apesar dos inúmeros desafios, políticos e econômicos principalmente, importantes passos já foram vencidos, os ganhos diretos e indiretos de uma obra como o Metrô são incalculáveis para a cidade e seus benefícios tecnológicos incomensuráveis para o país ANTP (2015).

A região metropolitana de São Paulo apresenta a maior extensão da infraestrutura implementada no país, com uma rede de alta capacidade de 332,9km de trilhos, 258,6km relativos aos trens metropolitanos e 74,3km de metrô. Sua implementação, realizada pela Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM) contou com o aproveitamento dos trilhos existentes, praticamente todos decorrentes das antigas ferrovias de cargas da região do final do século XIX e início do XX (ISODA, 2013). Esta prática, além de ser desejável por eliminar custos e necessidade de grandes intervenções, possui o potencial para aplicação em diversas regiões, como já aplicado em Teresina, Salvador, Recife e Rio de Janeiro, por exemplo. (CNT, 2016).

Em nível mundial, o mercado de transporte ferroviário é dominado pela Europa Ocidental, sendo utilizado largamente pela primeira vez na Grã-Bretanha e depois se espalhou para a Europa continental, surgindo devido a dois fatores principais: avanços tecnológicos de guerra e como alternativa de transporte necessária. No início dos anos 1900, toda a Europa tinha linhas ferroviárias, formando uma malha que conectou a Europa de uma maneira que nunca tinha sido conectada antes (BUTLER, 2017). Porém o transporte sofreu diversos ciclos ao longo de sua existência. Taplin (1998) destaca que a década de 1960 foi um momento ruim para o transporte público em muitas partes do mundo, e apenas no continente europeu continuaram os investimentos em trens elétricos urbanos, particularmente no norte e no leste europeu.

Se por um lado países como a Espanha, França e Itália seguiram a tendência de abandono comum na Grã-Bretanha e nos EUA, em outros, como na Alemanha Ocidental, os investimentos continuaram e esta tornou-se o centro do desenvolvimento mundial do

eléctrico. Atualmente a Alemanha é um dos maiores mercados ferroviários no mundo, líder em tecnologia de fabricação ferroviária, sustentada por uma forte demanda interna e vendas de exportação ainda maiores (RENNER; GARDNER, 2010).

A partir do abandono do transporte ferroviário em grande parte do mundo e o aumento da circulação de carros particulares, no final da década de 1960, começou-se a perceber as desvantagens da motorização (carros particulares) em grande escala. O congestionamento do tráfego nas principais cidades se espalhou e atingiu proporções caóticas. As tentativas de solução foram a criar novas estradas para lidar com as demandas de automobilismo privado foram mal sucedidas, e geraram outros problemas como mudanças na paisagem natural e urbana, levando ao declínio econômico e social. Cidades norte-americanas viram um declínio rápido nos centros da cidade, quando novos subúrbios surgiram para servir populações que migraram de áreas de habitação de alta a baixa densidade (dependentes de viagens de carro). Novamente o ciclo foi alterado onde começaram-se a adotar soluções empregadas na Europa continental e perceberam a importância de um transporte público eficaz, reinvestindo no transporte ferroviário (Taplin, 1998).

A Ásia por sua vez, ocupa a segunda posição tendo exemplos diversos de sucesso, surgindo, geralmente, de necessidade de minimizar problemas decorrentes de congestionamentos, poluição do ar, os acidentes de trânsito, etc. Na Coreia do Sul, por exemplo, a partir de 1974, Seul iniciou a implementação de trens e metrô motivado por estes problemas, e atualmente é um dos maiores do mundo, atendendo cerca de 8,4 milhões de passageiros por dia (PUCHER; SONG, 2005 e ALLEN, 2013). Singapura deparou-se com o desafio do crescimento demográfico e industrial, e dada a escassez de terra, foi forçada a implementar soluções integradas de transporte ferroviário e rodoviário em faixas exclusivas (metrô e BRT). Por meio do plano *Rapid Transit System*, Singapura melhorou a qualidade e eficiência do sistema de transportes, aumentou a capacidade, melhorou as rotas, e reduziu impactos ambientais (SUN, 2013 e CHEW; CHUA, 1998). O Japão tem sido um pioneiro no desenvolvimento ferroviário de alta velocidade e continua sendo um líder global. Ainda assim, a população declinante do país limitará a demanda interna por serviços ferroviários (RENNER; GARDNER, 2010).

A América do Norte ocupa o terceiro lugar na implementação ferroviária urbana, devido ao grande mercado de mercadorias. O Estados Unidos, apesar de possuir considerável infraestrutura implementada, nas últimas décadas adotou modelo de crescimento urbana de baixa densidade demográfica e priorização de infraestrutura para carros particulares

(RENNER; GARDNER, 2010). Algumas cidades, no entanto, vêm adotando políticas de promoção de transporte público baseadas na implementação de transporte ferroviário, visando a reestabelecer a prática comum no início do século XX, adotando o modelo moderno *light rail*, com destaque para cidades como Portland, Boston, San Francisco (LITMAN, 2015). Apesar dos diversos benefícios urbanos, sociais e ambientais deste modal, há discussões no sentido de compatibilizar a sua viabilidade financeira, confrontando os benefícios gerados com a necessidade de subsídios devido aos custos demandados (GARRETT, 2004).

Destaca-se ainda o caso do Canadá, que possui experiências bem sucedidas de transporte ferroviário sempre implementadas considerando políticas de uso e ocupação do solo. Toronto, por exemplo, em 1976 implementou o *Official Plan* para criar centros de emprego ao longo das linhas de trânsito ferroviário com objetivo de desenvolvimento de dois sub-centros suburbanos, incentivando a habitação nesta linha para reduzir pressão de geração de viagens e sobrecarga do transporte público (FILION, 1996). GTTA (2008) afirma que o tráfego melhorou ao longo das rotas ferroviárias regionais, sendo priorizados investimentos em *light rail* ao invés de estradas e vias expressas, com o objetivo intensificar o uso do transporte público por meio do adensamento demográfico e de empregos nesta área.

Da mesma forma, em Vancouver, o planejamento de transporte público foi estabelecido em nível regional, abrangendo os municípios da região metropolitana, com um fortalecimento em políticas de uso do solo. As atividades produtivas foram intensificadas perto das linhas de transporte público, principalmente o VLT, para suportar uma forte demanda de transporte público (TRANSLINK, 2012).

Na América do Sul, além do exemplo de São Paulo, Santiago (Chile) possui um dos mais destacados sistemas de transportes ferroviários de passageiros. No final da década de 1990, o sistema de transporte de Santiago sofria de sérios problemas de mobilidade como congestionamentos, gestão inadequada de transportes públicos, falta de integração entre metrô e demais modais, motivando reestruturação no planejamento (BANCO MUNDIAL, 2013 e MCT, 2013). Uma das consequências mais notáveis da reestruturação foi a mudança de demanda para os serviços de metrô, que por sua confiabilidade e frequência foi bem aceita pelos usuários (UNHABITAT, 2013).

Dincer (2016) afirma que o crescimento do transporte ferroviário no mundo deverá duplicar na próxima década, considerando o crescimento econômico nos países em rápido desenvolvimento, incluindo a China, a Índia e a Turquia. Segundo Renner; Gardner (2010) é

esperado que metade dos gastos com infraestrutura ocorra na China nos próximos anos, que adotou um plano ambicioso para expandir a rede ferroviária interurbana do país.

O aumento dos investimentos em todos os tipos de transporte público auxiliará a impulsionar a economia urbana dos países em desenvolvimento. No Japão, por exemplo, a implementação do sistema de transporte ferroviário urbano a partir da Segunda Guerra contribuiu para o rápido crescimento econômico ao minimizar os custos e restringir o consumo de automóveis particulares (POJANI; STEAD, 2015).

Muitas grandes cidades cresceram em conjunto com sistema ferroviário, e atualmente estas não podem mais depender apenas do sistema individual de veículos automotores para o transporte (Paris, Londres, Nova Iorque, Tóquio, por exemplo). Além disso, o transporte público ganha importância devido a menor impacto ambiental gerado, contribuindo para revitalizar centros urbanos e a adesão da população (OKAMOTO; TADAKOSHI, 2000).

A utilização de transportes ferroviários apresenta altos níveis de aceitação da população tanto pela sua confiabilidade como pelo menor impacto ambiental. Ao comparar os custos sociais dos modais rodoviários, ferroviários, marítimo e aéreo, a Agência de Transportes do Canadá (TC, 2008) concluiu que 92,4% do total dos custos com transportes são decorrentes do modal rodoviário, incluindo custos de acidentes, atrasos em congestionamentos, poluição do ar, gases efeito estufa e ruído. Conclusões semelhantes também são verificadas nos estudos da Transport Research Board (TRB, 2002).

Estudos do Instituto VTPI (2016) elencaram 38 artigos contendo análises de custos e externalidades de diferentes modais de transporte, sendo constatado que o modal ferroviário é um dos transportes (passageiros e de carga) de menor impacto ambiental e externalidades, quando comparado com veículos de transporte de passageiros rodoviários, e avião, por exemplo.

Kageson (1993) levantou os custos ambientais decorrentes (poluição do ar, acidentes, emissão de gases do efeito estufa, ruído) de transporte de passageiros no Reino Unido, constatando menores valores para o transporte de trens elétricos, com valor unitário de US\$ 0,015/milha de deslocamento, contra US\$0,027/milha de aeronaves e US\$0,06/milha de carros. Resultados semelhantes foram obtidos por Ellwanger (2000) que estimou externalidade de transportes de passageiros e de cargas para modais rodoviários e ferroviários na Europa ocidental. Em ambas as análises os custos do transporte ferroviários foram muito inferiores.

Litman (2015) complementa que os padrões de uso da terra orientados para o transporte público podem aumentar os valores das propriedades e a produtividade econômica,

reduzindo os custos, melhorando a acessibilidade e a habitabilidade e proporcionando economias de aglomeração e a redução de impactos ambientais (NEWMAN, 2004). Em alguns casos, o aumento dos valores das propriedades compensou a maioria ou todos os custos de subsídio do transporte. Isso geralmente não ocorre com o serviço de ônibus. A análise indica que as cidades que expandiram os sistemas ferroviários superaram, significativamente, as cidades que apenas expandiram os sistemas de ônibus em termos de competitividade econômica (LITMAN, 2015).

Além de trens urbanos desempenharem um serviço de transporte de alta qualidade operacional (conforto, segurança, disponibilidade e confiabilidade) (BERNARDES; FERREIRA, 2013), Figueiredo (2010) aponta que estes possuem potencial de proporcionar uma reurbanização paisagística e ambiental integrada com outros sistemas na cidade, tornando-a mais habitável, contribuir para restaurar e reorganizar a paisagem urbana, e oferecer grande facilidade para sua inserção urbana, inclusive na convivência com os pedestres. Não obstante a isto, há a necessidade de estudos aprofundados haja vista que a sua implementação sem critérios poderá gerar outras externalidades urbanas como a fragmentação urbana ou a falta de integração com outras regiões da cidade e modais (LI et al, 2010).

Estudo de Schwarz (2011), ao comparar diferentes modais de transporte, concluiu que o transporte ferroviário apresenta os menores impactos sociais e ambientais, considerando, por exemplo, critérios de emissão de poluentes, ruído, efeitos urbanos, taxa de mortes por número de passageiros. Além disso, a capacidade de transporte, no geral, permite um maior desempenho e otimização do uso do solo.

Para um melhor entendimento da infraestrutura ferroviária cabe a diferenciação entre conceitos. Com avanços tecnológicos recentes, os bondes ganharam uma versão moderna: o Veículo Leve sobre Trilhos (VLT), ou *Light Rail Transit* (LRT). Estes podem circular tanto em faixas compartilhadas com o restante do tráfego (diminuindo custos de implantação), como em linhas totalmente segregadas. Os sistemas pesados: *Heavy Rail Transit* (HRV), como o metrô, transitam em faixas exclusivas, totalmente segregadas, em geral subterrâneas, a velocidades superiores e com maior capacidade de carga. Estas denominações denotam a capacidade de carga do sistema; *light* se refere a uma capacidade de carga menor e *heavy* a uma capacidade maior, onde a implantação demanda obras pesadas de engenharia, como escavações, além de custos com desapropriações e um material rodante mais caro, os sistemas de *heavy rail* só se justificam em áreas densamente povoadas Cervero (1998) e Vaz *et al.* (2014).

Transporte ferroviário urbano e demografia

Muitos especialistas afirmam que a implementação de um transporte sustentável demanda alta densidade demográfica, necessária para a sua viabilização econômica e redução de impactos sociais e ambientais. Newman; Kenworthy (1998), Litman; Burwell (2006) e Litman (2015) afirmam que cidades com bairros de alta densidade, desenvolvidos em torno de sistemas de trânsito ferroviário de passageiros são o modelo mais sustentável para áreas urbanas.

Nesse sentido, Litman (2015) afirma que o ônibus pode ser considerado o melhor serviço em áreas com destinos mais dispersos e menor demanda. Já o transporte ferroviário é o melhor servindo corredores onde os destinos estão concentrados, como grandes centros comerciais e áreas urbanas de uso misto, ou como um catalisador para criar comunidades mais acessíveis e multimodais. Trens tendem a atrair mais usuários dentro de uma determinada área, mas os ônibus podem cobrir áreas maiores. Nesse sentido estes modais não são excludentes entre si, porém, complementares (LITMAN, 2015).

Para reduzir as distâncias de viagem e aumentar a escolha do modo, são necessárias mudanças no planejamento e ordenamento urbano, localizando serviços e empregos perto de bairros residenciais e criando vizinhanças mais adequados para o uso do transporte público, caminhadas e ciclismo. Para Litman; Burwel (2006) um transporte sustentável requer padrões de uso da terra de maior densidade demográfica, para acomodar modais alternativos, principalmente sistemas ferroviários, devido a trens possuírem uma aceitação elevada pela sua confiabilidade e conforto. Isso é possibilitado por um adensamento urbano permeado com um uso diverso do solo, além de um transporte público atraente e efetivo. Nesse sentido, especialmente o uso ferroviário é uma das alternativas mais competitivas com os automóveis (KENWORTHY; LAUBE, 1996), tido como o sistema de transporte coletivo mais sustentável para áreas urbanas (LITMAN; BURWEL, 2006).

Aspectos demográficos são fundamentais para o planejamento da infraestrutura ferroviária urbana. Para Newman (2004) regiões com altas densidades demográficas e de uso misto tendem a ser mais atrativas e dinâmicas, aumentando o senso de lugar, e na utilização mais eficiente da infraestrutura. Isso torna viável a provisão de serviços de transporte público de alta qualidade, culminando na redução da dependência de automóveis particulares. Como benefícios, estas comunidades tendem a ter uma melhor qualidade de vida e são mais adeptas a atrair setores econômicos de ponta (tecnologia computacional, telecomunicações, eletrônica,

etc.), setores importantes para o dinamismo econômico, desenvolvimento de tecnologia local de qualidade e agregação de valor a produtos.

Há diversas evidências científicas comprovando que cidades com altas densidades demográficas são menos dependentes de carros particulares e têm um transporte público mais viável (TONG; WONG, 1997 e NEWMAN; KENWORTHY, 1989). Cidades altamente densificadas estão associadas a altos níveis serviços de transporte público, altos custo de estacionamento, e baixas taxas de posse de veículos pela população. Deve-se atentar, entretanto, que a densidade não representa um fator causal propriamente dito, mas sim um indicador *proxy* para uma série de outros fatores socioeconômicos que afetam o comportamento de viagem (FRANK; PIVO, 1994).

A densidade e uso misto do solo estão diretamente relacionados com o modelo de escolha de transporte, sendo o uso de transporte público e locomoção a pé aumentados conforme aumenta o grau de densidade e de uso misto do solo, enquanto observa-se um decréscimo no número de veículos particulares (FRANK; PIVO, 1994).

MATERIAL E MÉTODOS

Para complementação da discussão teórica desenvolvida foi visto a necessidade de obtenção de um panorama quantitativo do transporte ferroviário adotado nas cidades. Dessa forma, foram pesquisados dados da extensão ferroviária urbana, diferenciando em *heavy rail* e *light rail*, população, densidade demográfica e área territorial para cada cidade em nível mundial.

Para cada compilação dos dados foram levantados dados secundários por meio do portal *www.urbanrail.net no ano de 2017*, o qual contém informações gerais do sistema de transportes ferroviários urbanos nos municípios que possuem a infraestrutura, em nível mundial. Grande parte dos municípios citados possui informações de extensão da infraestrutura viária e população. Sendo necessário completar algumas lacunas, de municípios com dados parciais, sendo pesquisadas informações complementares em sítios eletrônicos destas respectivas cidades. Algumas cidades foram excluídas da análise por ausência de dados completos (cerca de 1% do total).

Além dos dados populacionais, foi levantada a área territorial para que permita o cálculo da densidade demográfica, permitindo correlacionar a extensão da infraestrutura com

os padrões demográficos. Isso teve o objetivo de discutir, de forma preliminar, possível relação entre o porte do município, em subsídio a implementação de modal.

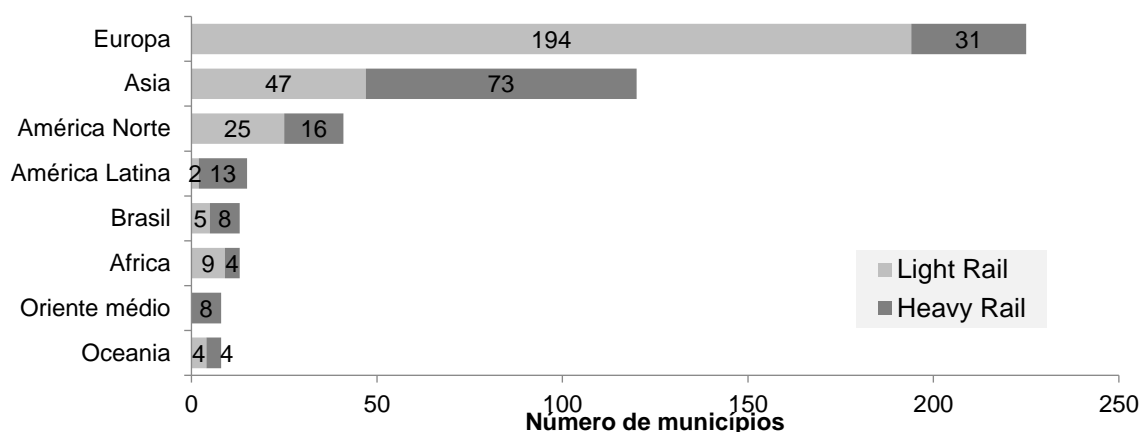
A correlação foi realizada por meio de matriz de correlação, a qual possibilita a análise simultânea da associação entre variáveis, através dos coeficientes de Pearson, buscando-se evidenciar correlações entre as variáveis. Para determinar se a correlação entre as variáveis é significativa, foi comparado o valor de p com o seu nível de significância, utilizando grau de confiança de 95%. As tratativas estatísticas foram realizadas pelo software Portal Action, em extensão com o Microsoft Excel. Os dados sofreram transformação pelo método de Johnson para obter uma normalização (densidade demográfica $p=0,55$, extensão sistema $p=0,29$, população $p=0,73$).

Os municípios foram classificados em acordo a população em seis classes: Até 100 mil, 100-200 mil, 200-500 mil, 500mil-1 milhão, 1-5 milhão, e Mais de 5 milhões habitantes. Isso permitiu observar os valores médios demográficos e de infraestrutura ferroviária por porte do município. Também foram realizadas contabilizações do número de municípios com infraestrutura ferroviária (e extensão desta) por continente e por classe de população e tipo de infraestrutura (*heavy* ou *light rail*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

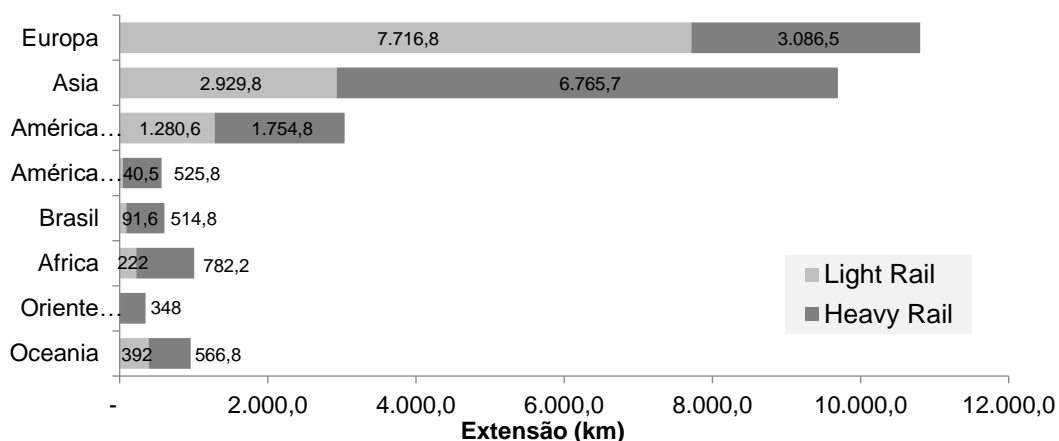
Infraestrutura ferroviária no Brasil e no mundo

Considerando as informações compiladas, registrou-se cerca de 443 municípios com infraestrutura ferroviária urbana no mundo, com predominância destes no continente europeu com cerca de 51% (Gráfico 1). Cerca de 27% dos municípios encontram-se no continente asiático, e 9,3% na América do Norte. A América Latina representa 6,3% dos municípios, sendo o Brasil responsável por 2,9% destas (13 cidades). Sobre a tipologia da infraestrutura, observa-se um predomínio de estruturas de *light rail*, com destaque para *trams* (bondes elétricos), presente em muitas cidades na Europa (194 municípios) e continente asiático (47 municípios, sendo a maioria na Rússia, que para este exercício foi considerada inserida no continente asiático). A comparação foi agregada por continentes, porém o Brasil foi apresentado separadamente devido a ser o foco do estudo, para que seja possível identificar precisamente a sua participação em relação a América e aos demais continentes.

Gráfico 1. Número de municípios com infraestrutura ferroviária urbana por tipo estrutura.

Fonte: O autor.

Com relação a dimensão da malha ferroviária urbana, a Europa possui as maiores extensões, totalizando cerca de 10,8 mil km, seguida da Ásia com 9,7 mil km (Gráfico 2). A América do Norte conta com uma infraestrutura de cerca de 3 mil km, e o Brasil possui cerca de 606 km, sendo 514,8km desta, relativa a *heavy rail* (metrô).

Gráfico 2. Extensão da infraestrutura ferroviária urbana por tipo de estrutura.

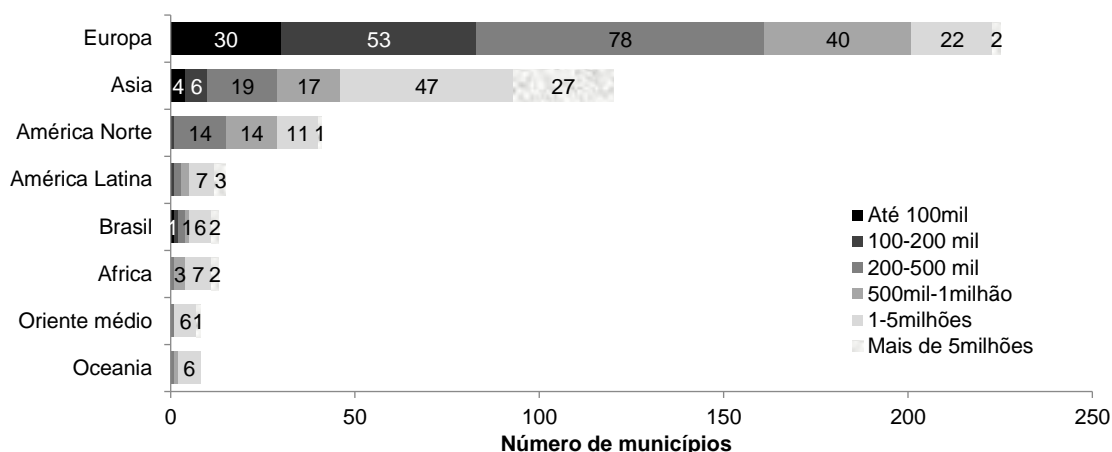
Fonte: O autor.

Transporte ferroviário e demografia

Com base na análise demográfica dos municípios com infraestrutura ferroviária urbana, destaca-se uma predominância de cidades com mais de 200mil habitantes, com exceção da Europa, onde cerca de 22% dos municípios estudados possuem população menor que 200mil habitantes (8% correspondem a municípios com menos de 100 mil habitantes)

(Gráfico 3). No Brasil destaca-se a presença de três municípios nesta faixa populacional, sendo o sistema Crato-Juazeiro do Norte e Sobral, ambos no Estado do Ceará.

Gráfico 3. Número de municípios com infraestrutura ferroviária urbana por faixa de população.



Fonte: O autor.

A Tabela 1 apresenta a compilação dos dados de infraestrutura ferroviária, por parâmetro demográfico, apresentando os valores médios por faixa populacional do município. Dados apontaram uma correlação positiva entre a extensão ferroviária e o porte do município ($r=0,56$, $p=0$, vide Tabela 2). No entanto, municípios de pequeno porte (até 100mil habitantes) possuem uma média superior de infraestrutura do que os municípios entre 100-200mil habitantes (30 e 21km, respectivamente).

Outra correlação positiva foi relacionada com a densidade demográfica com a extensão ferroviária ($r=0,35$, $p=2,1E-14$). Esta, apesar de menor, demonstra que em áreas mais densas o transporte coletivo de massa vem sendo muito utilizado, devido a sua conveniência e eficiência. Observa-se que a média da densidade demográfica possui tendência crescente à medida que aumenta o porte do município (Tabela 1).

Os valores obtidos mostram que alguns pontos estão perto da linha de correlação, mas outros pontos estão afastados, indicando uma relação linear moderada entre as variáveis, apesar de ser significativa (demonstrados pelos valores de p). Com isso, pode-se concluir que apesar de haver uma maior quantidade de cidades maiores com infraestrutura ferroviária urbana, este fator não é determinante, evidenciado também pela presença de diversas cidades de porte pequeno com sistema ferroviário implementado.

Tabela 1. Média dos valores obtidos por faixa de população dos municípios com infraestrutura ferroviária urbana.

Faixa populacional do município	População (número de habitantes)	Área do município (km ²)	Densidade demográfica (hab./km ²)	Infraestrutura ferroviária total urbana (km)
Ate 100mil	62.573	153	956	30
100-200mil	145.277	133	2.515	21
200-500mil	324.920	215	2.556	37
500mil-1 milhão	705.400	388	2.943	63
1-5 milhão	2.238.392	1.871	4.413	82
Mais de 5 milhões	9.144.150	6.079	8.254	161

Fonte: O autor.

Tabela 2. Matriz de correlação entre as variáveis.

Parâmetro	População	Correlação (r) <i>p-value</i>	
		Densidade demográfica	Extensão ferroviária
População	1	0,3520 2,10 E-14	0,5668 0.
Densidade demográfica	-	1	0,1905 5,33 E-05
Extensão ferroviária	-	-	1

Fonte: O autor.

Devido aos altos custos de implantação da infraestrutura ferroviária, como apresentado por Bernardes; Ferreira (2016), quanto maior o contingente e densidade populacional, menores os custos de investimentos *per capita*. Por outro lado, um número expressivo de pequenos municípios conta com sistema ferroviário bem estabelecido. Nestes municípios a infraestrutura ferroviária é constituída, principalmente, de *tram*, com destaque para a Europa, onde são utilizados em diversas cidades, muitos implementados ainda no século XX.

Como ressaltado pela discussão bibliográfica, a utilização de transporte ferroviário promove inúmeros benefícios, indutores de desenvolvimento, qualidade de transporte e contribuem para a redução do uso de carros particulares, e mesmo em cidades pequenas sua adoção é relevante devido a proporcionar melhoria da acessibilidade e da mobilidade urbana. Boquet (2014) afirma que muitas cidades descobriram que podem aumentar a sua atratividade e melhorar a sustentabilidade do transporte através da construção de um moderno sistema de elétrico de transportes e nesse sentido, destacam-se o uso de *trams*, tidos como modais locais sustentáveis.

A ampla utilização de veículos do tipo *light rail* em países desenvolvidos, seja em cidades pequenas, médias ou grandes, fornece indicador acerca da importância de fomentar modais como alternativa para o uso intenso de veículos automotores particulares. Nesse

sentido, independentemente do porte das cidades, a implementação deste modal deve considerar outros parâmetros além da viabilidade econômica.

E estes modos, combinados com investimentos em infraestrutura para transportes não motorizados, têm o potencial de melhorar a acessibilidade da população, reduzir desigualdades, além de outros impactos positivos diretos como redução de acidentes, poluição e tempo perdido em congestionamentos.

CONCLUSÃO

A discussão realizada permitiu o entendimento da importância do transporte ferroviário urbano, identificando *cases* de sucesso e evidenciando uma subutilização deste no território nacional. Por meio da revisão bibliográfica, ficaram evidentes os benefícios deste modal para a sociedade, nos diferentes âmbitos: social, econômico e ambiental. Dessa forma, o estudo contribui para fomentar discussões em subsidio à cientistas e tomadores de decisão para considerar o modal ferroviário como uma opção de transporte urbano.

As diversas experiências identificadas nas cidades que implementaram o transporte ferroviário urbano permitiu verificar a existência de diversos desafios que estas enfrentam, e que são superados à medida que estas adquirem o *know-how* da infraestrutura e melhoram o planejamento urbano da cidade.

A compilação realizada da infraestrutura ferroviária em nível mundial permitiu conhecer, de forma, quantitativa, quais os países e continentes onde estas são mais utilizadas, permitindo realizar paralelos e comparações mais precisas acerca deste transporte no mundo.

A correlação moderada dos parâmetros relacionados ao porte dos municípios com a extensão ferroviária mostra que este não deve ser o único parâmetro a ser considerado. Como apontado pela revisão de literatura, apesar do aspecto econômico importante, a implementação desta infraestrutura deve considerar outros aspectos sociais e ambientais devem ser levados em conta, tais como a redução em congestionamentos e tempos de espera, poluição ambiental, redução de acidentes, sendo que estes, geralmente não são valorados economicamente, o que poderia pesar em favor do sistema ferroviário urbano, independentemente do porte demográfico da cidade.

Nesse sentido como recomendação é desejável que as pesquisas que qualifiquem e quantifiquem parâmetros, considerando indicadores de desempenho socioambiental e econômico e comparações entre cenários futuros, além de correlações que considerem

variáveis operacionais e de desempenho do sistema. Valoração de benefícios indiretos do transporte. Foi visto ainda que a grande maioria dos países que possuem um transporte ferroviário urbano bem estruturados são desenvolvidos e com condições elevadas de desenvolvimento humano, sendo um fator que poderia ser mais explorado visando elencar parâmetros que melhor expliquem esta correlação.

O estudo visou contribuir ainda para reflexões para o desenvolvimento da infraestrutura ferroviária urbana no cenário nacional, haja vista o potencial expressivo de implementação, principalmente levando-se em consideração a presença de grandes metrópoles sem a infraestrutura implementada.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao sítio eletrônico www.urbanrail.net.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos. Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Associação Nacional dos Transportes Públicos. **Rev. Transportes Públicos**. Ano 21. 1999.

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos. **Implantação do Metrô de São Paulo: dificuldades e desafios**. São Paulo, 2015.

ALLEN, H. Bus reform in Seoul, Republic of Korea. **Case study prepared for the Republic of Korea**. Global Report on Human Settlements. 2013.

BERNARDES, F. F.; FERREIRA, W. R. Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) – proposta de implantação para o transporte público em Uberlândia/MG. **Caminhos de Geografia** v. 17, n. 58, p. 189–204. Uberlândia, 2016.

BRASIL. **Lei 12.587 de 3 de Janeiro de 2012**. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília.

BOQUET, Y. Transportation and Sustainable Development in a Mid-Size French City, Dijon. **International review for spatial planning and sustainable development**, v. 2 n.2, 52–63. 2014.

BUTLER, C. **Railroads and Their Impact (c. 1825–1900), The Flow of History**, 2017. Disponível em: <<http://www.flowofhistory.com/units/eme/17/FCII2>>. Acesso em 18/02/2018.

CERVERO, R. The transite metropolis: a global inquiry. Washington, DC: **Island Press**. 1998.

CINTRA, M. A crise do trânsito em São Paulo e seus custos. **GV Executivo**. v.12, n.2. Jul/dez. 2013.

CHEW, T. C.; CHUA, C. K. Development of Singapore Rapid Transit System and the Environment. **Japan Railway & Transport Review** 18. Dec-1998.

Panorama do transporte ferroviário urbano no brasil e no mundo

COSTA, R. G. R; SILVA, C. G. T.; COHEN, S. C. A origem do caos – a crise de mobilidade no Rio de Janeiro e a ameaça à saúde urbana. **Cad. Metrop.**, São Paulo, v. 15, n. 30, pp. 411-431, jul/dez. 2003.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Transporte metroferroviário de passageiros**. Brasília, 2016.

DINCER et al. **Clean Rail Transportation Options, Green Energy and Technology**. Springer International Publishing Switzerland 2016 39 I.

ELLWANGER, G. External Environmental Costs of Transport – Comparison of Recent Studies. Social Costs and Sustainable Mobility, **Physica-Verlag**, pp. 15-20. 2000.

FIGUEIREDO, A. C. **Projetos baseados em veículo leve sobre trilhos em operação e implantação**. Projetos VLT. Companhia Cearense de Transportes Metropolitanos. 2010.

FILION, P. Metropolitan planning objectives and implementation constraints: planning in a post-Fordist and postmodern age. **Environment and Planning**. 1996, volume 28.

FRANÇOIS, C. *et al*. Environmental assessment of urban mobility: Combining life cycle assessment with land-use and transport interaction modelling. Application to Lyon (France). **Ecological Indicators**. 2017.

FRANK, L.; PIVO, G. Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit, and Walking. **Transp. Res. Record** 1466. 1994.

GARRETT, T. A. Light-Rail Transit in America Policy Issues and Prospects for Economic Development. **Federal Reserve Bank of St. Louis**. August 2004

GAKENHEIMER, R. Urban mobility in the developing world. **Transportation Research Part. A** 33. 1999.

GTTA – Great Transport Transportation Authority. **The Big Move**. Transforming Transportation in the Greater Toronto and Hamilton Area. Nov-2008.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Indicadores de Mobilidade Urbana: PNAD 2012**. Rio de Janeiro, 2013. n.161.

KENWORTHY, J. R.; LAUBE, F. B. Automobile dependence in cities: an international comparison of urban transport and land use patterns with implications for sustainability. **Environ Impact Assess. Rev.**16:279-308. 1996.

KAGESON, P. Getting the Prices Right; A European Scheme for Making Transport Pay its True Costs, **European Federation for Transport and Environment**. 1993.

ISODA, M. K. T. **Transporte sobre trilhos na Região Metropolitana de São Paulo: estudo sobre a concepção e inserção das redes de transportes de alta capacidade**. São Paulo, 2013.

LI, T. et al. Fragmentation of China's landscape by roads and urban áreas. **Landscape Ecology** (2010) 25:839-853

LINDSAY, G., MACMILLAN, A.; WOODWARD, A. Moving urban trips from cars to bicycles: impact on health and emissions. **Australian and New Zealand Journal of Public Health**. Volume 35, Issue 1, Pages 54-60. 2011.

LINK, H. *et. Al*. A Generalised Approach for Measuring the Marginal Social Costs of Road Transport in Europe, **International. Journal of Sustainable Transportation**. 2016.

LITMAN, T. **Rail Transit In America A Comprehensive Evaluation of Benefits**. Victoria Transport Policy Institute, Dec-2015.

LITMAN, T.; BURWELL, D. Issues in sustainable transportation. *Int. J. Global Environmental Issues*. v.6, No. 4. 2006.

LITMAN, T. **Rail Transit In America: A Comprehensive Evaluation of Benefits**. **Victoria Transport Policy Institute**. 2015.

MTC – Ministério de Transportes y Telecomunicações. Plan Maestro de Transportes de Santiago. **Subsecretaria de Transportes**. Santiago, 2013.

MORIARTY, P. Reducing levels of urban passenger travel. Published online: 05 Jan 2016. **International Journal of Sustainable Transportation**. Volume 10, 2016

NEWMAN P. and KENWORTHY J. **Cities and Automobile Dependence: A Sourcebook**. Gower, 1989.

NEWMAN, P. (2004). Sustainability and global cities. *Australian Planner*. v.41. v. 4.

OKAMOTO, T.; TADAKOSHI, N. **Rail Transport in the World's major cities**. Evolution of urban rails. *Japan Railway & Transport Review*. 25. October, 2000.

ONU-UNHABITAT – **Sustentabilidade urbana: impactos do desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização em países emergentes**. ONU; Ministério do Meio Ambiente; Ministério das Cidades. 172 p. Brasília, 2015

POJANI, D.; STEAD, D. **Sustainable Urban Transport in the Developing World: Beyond Megacities**. *Sustainability* 2015, 7, 7784-7805.

PUCHER, J.; Song, J. Public Transport Reforms in Seoul: Innovations Motivated by Funding Crisis. **Journal of Public Transportation**, Vol. 8, No. 5, 2005

SADIK-KHAN, J.; SOLOMONOW, S. **Streetfight: Handbook for urban revolution**. Penguin Books. New York, 2017.

SCARINGELLA, R. S. A Crise da Mobilidade Urbana em São Paulo. **São Paulo em Perspectiva**. v. 15, n. 1, p. 55-59, Jan. São Paulo, 2001.

SEABRA, L. O.; TACO, P. W. G.; DOMINGUEZ, E. M. Sustentabilidade em transportes: do conceito às políticas públicas de mobilidade urbana. **Rev. Transp. Púb. ANTP**. 2013.

SCHWARZ, H. Improving the sustainability of transport – The rail sector as a case study. **Internation Union of Rail**. UN CSD 19 Learning Centre – New York, May 10th 2011.

SUN, G. Sustainable Land Transport System. Singapore's experience. High-level Dialogue on Implementing Rio+20 Decisions on Sustainable Cities and Transport Berlin, Germany. 19-21 June 2013

RENNER, M.; GARDNER, G. **Global competitiveness in the rail and transit industry**. 2010 Worldwatch Institute, Washington, D.C

TAPLIN, M. R. **The History of Tramways and Evolution of Light Rail**. Light Rail Transit Association. LRTA, 1998.

TC – Transport Canada. **Estimates of the Full Cost of Transportation in Canada**, Economic Analysis Directorate of Transport Canada. 2008. Disponível em: www.tc.gc.ca/media/documents/policy/report-final.pdf. Acesso em 17/06/2016.

TRANSLINK. **Transit-Oriented Communities**. Design Guidelines Creating more livable places around transit in Metro Vancouver. Burnaby, 2012.

TRB – Transportation Research Board. **Highway Capacity Manual**. National Research Council. 2000.

TONG, C. O.; WONG, S. C. The advantages of a high density, mixed land use, linear urban development. **Transportation** 24: 295-307. 1997.

UNHABITAT – **Urban Transport, Urban Expansion and Institutions and Governance in Santiago, Chile**. Global Report on Human Settlements 2013

VAZ, L. F. H. *et al.* Transporte sobre trilhos no Brasil: uma perspectiva do material rodante. **BNDES Setorial** 40, p. 235-282. 2014.

Panorama do transporte ferroviário urbano no brasil e no mundo

VTPI – Victoria Transport Policy Institute. **Transportation costs literature review**. 2016. Disponível em: www.vtpi.org/tc/tca02.pdf. Acesso em 16/07/2016.

WORLD BANK. Urban Transport Reform: The Santiago Experience. April 11, 2013.