

## **ANÁLISE DA COBERTURA DA REDE DE LINHAS DO TRANSPORTE COLETIVO URBANO EM SÃO CARLOS (SP)**

**Elias Martins de Souza Filho**

**Fernando Hideki Hirosue**

Universidade Federal de São Carlos

Departamento de Engenharia Civil

### **RESUMO**

O presente trabalho enfatiza a importância que o transporte público tem no cotidiano de vida dos usuários e o impacto direto do mesmo no funcionamento das cidades. O objeto de estudo é a rede de linhas do transporte público por ônibus da cidade de São Carlos. Através da criação de um mapa exibindo a rede de linhas operantes no município, analisa-se a funcionalidade da rede, disposição das linhas e, através da determinação de faixas de área que definem a acessibilidade dos usuários ao redor das linhas que mostram as áreas atendidas pelo sistema de transporte público, calcula-se a parcela da população municipal que tem atendimento satisfatório pela rede. Os resultados foram positivos, o sistema estudado aumentou em abrangência nos últimos anos e agora atende cerca de 97,40% da população municipal com acessibilidade categorizada como boa.

### **ABSTRACT**

The present work emphasizes the importance of public transportation on the life of users and on city operation. São Carlos' network of public transport bus lines is the study object. Through the creation of a network line map of the city, it was possible to analyze the network functionality, disposure and, through the method of determining accessibility area bands around the lines as served areas, calculate the portion of municipal population served by it. The study showed a positive result, as it revealed, for the last few years, an increase on the analyzed system's coverage, going to 97,40% of the municipal population having accessibility categorized as good.

### **1. INTRODUÇÃO**

O transporte coletivo urbano por ônibus exerce grande influência no funcionamento de um centro urbano, pois é um importante meio de integração entre as áreas de uma cidade e é uma alternativa ao transporte particular, visto que o excesso de uso deste mostra-se insustentável, com geração de congestionamentos e poluição ambiental.

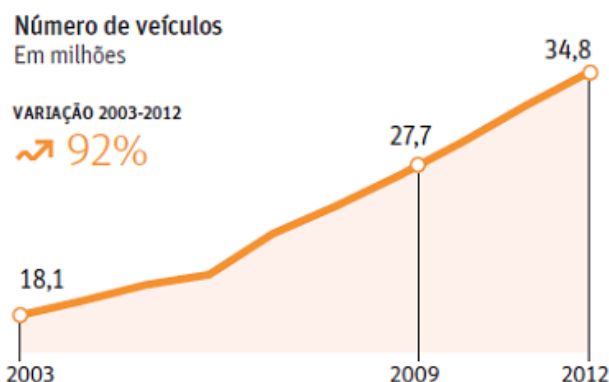
O meio urbano evolui de forma que se criam alguns corredores de circulação mais usados para atender à demanda de transporte da população. Para um transporte público de boa qualidade, é necessário que estes corredores façam parte das linhas de rede de trânsito do modo coletivo e que conectem e sirvam as áreas de maiores demandas de forma rápida, com frequência adequada e capacidade suficiente para a população que usará estas linhas.

Em vista da importância do transporte público, é necessário um bom planejamento das redes de trânsito, além de constante análise da efetividade destas redes, para garantir o funcionamento, facilidade e utilidade do serviço ao usuário. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo analisar a área de cobertura, a população atendida de forma adequada e outras características do traçado das atuais redes e linhas de circulação do transporte público na cidade de São Carlos (SP).

### **2. IMPORTÂNCIA DAS REDES DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO**

O transporte público é de grande importância para a garantia da qualidade de vida e desenvolvimento das cidades contemporâneas. A maioria das cidades desenvolvidas não funciona bem sem uma boa rede de transporte público e sistemas confiáveis de transporte

urbano para os residentes (DODSON et al., 2011). Com o desenvolvimento econômico dos últimos anos, a frota de automóveis particulares aumentou no ano de 2012, como exposto pela Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP, 2014), na Figura 1.



**Figura 1:** Variação da frota de veículos

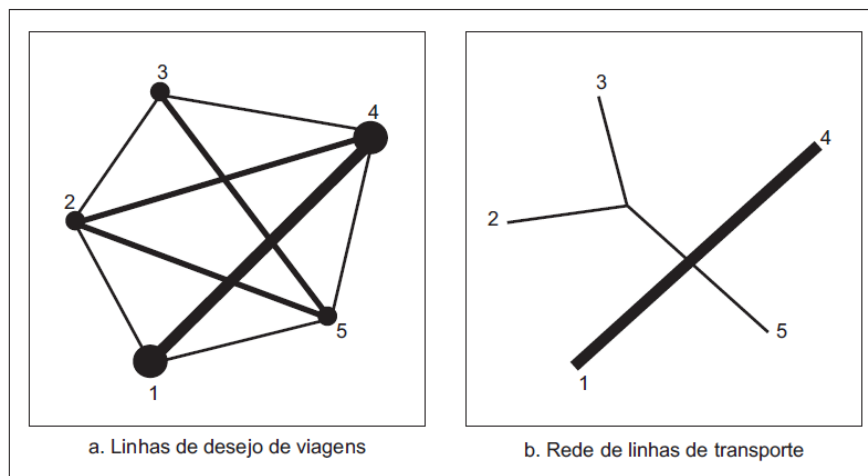
Este aumento pode ser justificado pela vantagem que os automóveis particulares possuem em relação ao coletivo: transporte “porta-a-porta”, livre escolha do trajeto, consecução do deslocamento no horário mais conveniente, entre outros. Porém, o Transporte Público Urbano (TPU) exige menos de 10% de área viária em comparação com o transporte particular (RECK, 2010).

Além disso, o transporte particular mostra-se difícil de ser atendido pelas cidades, visto que traz altos custos para criar melhorias para comportar essa demanda, além de problemas como congestionamentos e má condição das vias. Ljungberg (2005) evidencia que o favorecimento ao transporte por ônibus reduz o tráfego de carros e, assumindo que alguns motoristas mudem para o transporte público, melhora o tráfego para os carros remanescentes e diminui a gravidade de alguns dos problemas, como congestionamentos e acidentes de trânsito.

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2011), o transporte público opera em 85% dos municípios brasileiros e, nas áreas metropolitanas, é responsável por 51% do total de viagens motorizadas, se aproximando de 11 milhões de deslocamentos.

Deve-se lembrar, também, que o ônibus é o modo mais utilizado, devido à capacidade de reaproveitamento da infraestrutura viária já instalada na maioria das cidades brasileiras. Esta capacidade possibilita o TPU de estar constantemente em mudança para se adequar à própria dinâmica urbana, tanto em termos quantitativos quanto à tecnologia dos veículos (RECK, 2010).

Para garantir o funcionamento deste importante segmento e evitar, assim, custos extras ao país, uma opção efetiva é o planejamento da rede de itinerários do transporte coletivo urbano, já que elas interagem e causam impacto nos ambientes econômico, institucional, temporal e físico da cidade que se desenvolvem (DANIELS; MULLEY, 2012). O projeto destas redes é feito com a demanda origem-destino da população, criando uma matriz O-D e uma representação gráfica da mesma, onde os centroides das zonas da cidade são ligados por linhas e as larguras das linhas são proporcionais à demanda (FERRAZ; TORRES, 2004), como representado na Figura 2.



**Figura 2:** Exemplos de matrizes O-D dos desejos de viagens e da rede de linhas

Para a elaboração de redes de transporte público, Reck (2010) apresenta algumas considerações relevantes:

- De início, a rede é efetuada a partir do atendimento à área central da cidade, em geral, com o traçado de algumas linhas radiais e diametrais;
- O número de linhas de ônibus deve ser limitado, de modo que o sistema seja de fácil compreensão ao usuário e ofereça uma boa forma de utilizá-lo, dando preferência a poucas linhas com alta frequência ao invés de muitas linhas com baixa frequência;
- É preferível que os itinerários de “ida e volta” sejam o mais semelhantes possível;
- É importante garantir que a maioria dos deslocamentos seja atendida com apenas uma transferência, para diminuir o tempo total das viagens e evitar a migração do passageiro para o transporte privado;
- Deve-se usar o mínimo de vias possível, de forma a facilitar a compreensão do usuário, e possibilitar a integração entre linhas; e
- As transferências, quando necessárias, não devem ser desencorajadas com tarifação suplementar se não houver compensação para o usuário (rapidez, conforto, frequência de serviço).

### 3. QUALIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

O funcionamento do sistema de transporte público em um município afeta toda a população ligada ao mesmo, seja o governo que o proporciona, os empresários do ramo, os usuários, os trabalhadores e também a comunidade local. O bom desempenho e qualidade deste serviço afetam diretamente a usabilidade do mesmo. Um exemplo claro é que, sobre problemas como velocidades de circulação baixas em grandes centros, sendo verdade ou não, as manifestações populares sempre se iniciam com a condicional “se existisse um transporte público de boa qualidade...”, completada por uma intenção de aderir a ele (NTU, 2008).

De acordo com Ferraz e Torres (2004), a qualidade global do sistema de transporte público urbano é uma visão geral do nível de satisfação de toda a população envolvida, onde existem objetivos, direitos e obrigações definidos para cada um:

- O governo busca proporcionar um transporte urbano coletivo de qualidade, e deve

planejar e gerir este sistema;

- Os empresários buscam retorno econômico e reconhecimento, enquanto são responsáveis por pagamentos, investimentos, controle e recursos humanos em geral;
- Os usuários objetivam um transporte público de qualidade e baixo custo, e devem ter um comportamento adequado para o uso do mesmo;
- Os trabalhadores procuram salários justos e condições de trabalho adequadas; e
- A comunidade deseja um sistema de transporte público que não cause impactos negativos no meio ambiente, no espaço público, nas aparências físicas ou na segurança e qualidade de vida da mesma, e tem a obrigação de apoiar o desenvolvimento e sucesso deste sistema.

Dentro desta visão geral de qualidade, o enfoque principal é o usuário. Lima Júnior (1995) afirma que a qualidade corresponde à diferença entre as expectativas dos usuários e a percepção que tiveram do serviço prestado, enquanto a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU, 2008) evidencia que a qualidade do serviço reflete a percepção do passageiro quanto a diversos fatores, como conforto e disponibilidade.

A qualidade de um serviço pode ser avaliada através de diversos fatores. Ferraz e Torres (2004) usam de doze fatores para qualificar o transporte público urbano: acessibilidade, frequência de atendimento, tempo de viagem, lotação, confiabilidade, segurança, características dos veículos, características dos locais de parada, sistema de informações, conectividade, comportamento dos operadores e estado das vias.

### **3.1 Acessibilidade no transporte público por ônibus**

Segundo Ferraz e Torres (2004), a acessibilidade é relacionada aos percursos do ponto de início da viagem até o local de embarque no transporte coletivo e do local de desembarque até o ponto de chegada.

A acessibilidade está associada às condições dos percursos do local de origem até o ponto de embarque no transporte coletivo e do ponto de desembarque até o destino final. Sua avaliação, segundo Ferraz e Torres (2004), pode ser feita por dois parâmetros:

- A distância de caminhada percorrida pelos usuários do local de origem da viagem até o ponto de embarque e do ponto de desembarque até o destino final; e
- A comodidade experimentada nesses percursos, refletida pelos seguintes fatores: condições das calçadas (largura, revestidas ou não e estado do revestimento), declividade do percurso, facilidade para cruzar as ruas existentes no trajeto, existência de iluminação nas vias públicas (importante nas viagens noturnas), segurança pessoal no trajeto, etc.

Portanto, é importante verificar tanto a distância percorrida nestes percursos quanto a comodidade e facilidade nos mesmos.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

O método utilizado na análise da cobertura da rede de linhas do transporte coletivo urbano da cidade de São Carlos, baseado no procedimento de levantamento da acessibilidade à rede de transporte público exposto por Ferraz e Torres (2004), consiste das etapas descritas a seguir.

Inicialmente, através de consulta junto à empresa responsável pelo transporte público no município de São Carlos (SP), foi possível obter informações sobre as rotas (itinerários) de todas as linhas vigentes na cidade. Com uso de softwares de desenho auxiliado por computador, foi possível gerar mapas que ilustram as rotas destas linhas.

Em uma segunda etapa, a partir de faixas de distância perpendiculares às rotas, foi determinada a área atendida pelo sistema de transporte coletivo urbano por ônibus em São Carlos para definir seu atendimento com base na disposição dos itinerários no município.

Em seguida, com dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), obteve-se um mapa de concentração populacional por setor censitário da cidade de São Carlos através de um software de informação geográfica com dados georreferenciados.

Ao sobrepor este último mapa ao mapa de área atendida pelo sistema de transporte coletivo urbano, foi possível determinar a abrangência de atendimento populacional do transporte coletivo urbano em São Carlos (número e percentual de habitantes atendidos com cobertura satisfatória) através do produto entre a área atendida e a concentração populacional de cada um dos setores censitários.

## 5. RESULTADOS

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010a), a população estimada de São Carlos em 2016 era de 243.756 habitantes e a frota veicular era de 168.199 veículos, como mostrado na Tabela 1. Sendo assim, o índice de motorização de São Carlos (parâmetro que reflete a dependência da população com o automóvel particular, se relaciona diretamente à emissão de poluentes e é o principal fator influente na quantidade de acidentes de trânsito em um município) era de 69 veículos/100 habitantes, muito elevado para a infraestrutura da cidade e próximo do referente à capital do Estado, São Paulo (68 veículos/100 habitantes) e pouco abaixo da capital do Paraná, Curitiba (77 veículos/100 habitantes), sendo que estas duas contam com sistemas modelo de BRT no transporte público.

**Tabela 1:** Frota de veículos em São Carlos (2016)

Tipo	Quantidade
Automóveis	109.916
Caminhões	4.080
Caminhões-trator	629
Caminhonetes	11.958
Caminhonetas	6.318
Micro-ônibus	453
Motocicletas	29.269
Motonetas	4.058
Ônibus	444
Tratores	12
Utilitários	1.062
Total	168.199

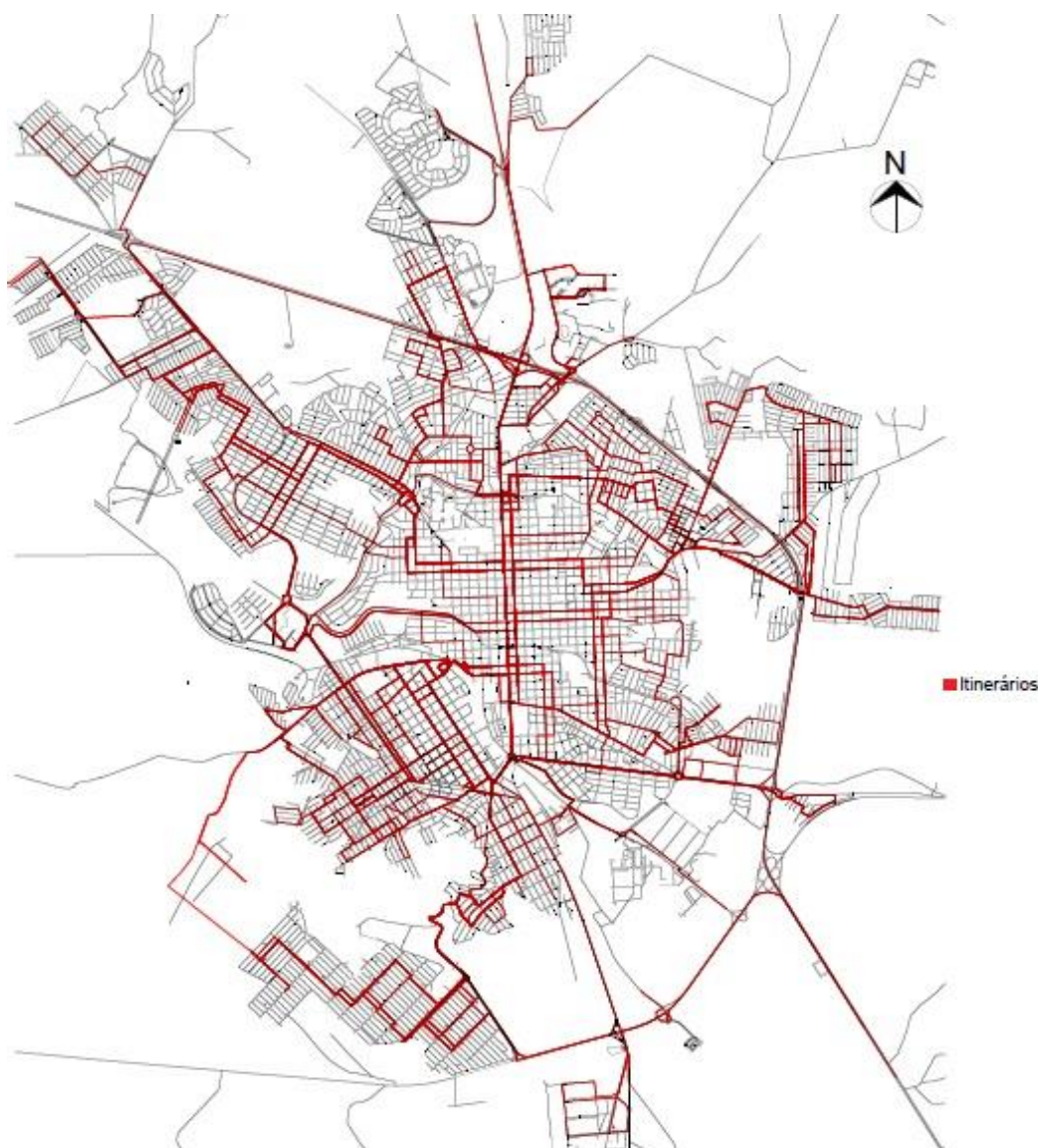
Na cidade de São Carlos, as viagens por transporte urbano acontecem em grande maioria pela



existência de dois distritos industriais e as universidades (UFSCar, USP, Unicep), que estão localizados fora da região central (FERREIRA; KILLER; TRINDADE, 2014), que cria a demanda por viagens que predominantemente atravessam o centro da cidade.

A maior parte das linhas de transporte público da cidade é diametral, e a falta de planejamento técnico para expansão ou criação de novas linhas para atender as novas regiões da cidade acabou criando sobreposições, afetando tanto a eficiência quanto a qualidade das mesmas.

Para determinar o atendimento da rede de transporte público de São Carlos, foi executado o mapeamento atualizado dos itinerários das linhas de transporte público, disponibilizados pela empresa atuante Suzantur, apresentado no mapa da Figura 3.



**Figura 3:** Mapa dos itinerários das linhas do transporte público em São Carlos (sem escala)

A partir do mapa das linhas, determinou-se uma distância perpendicular que garantisse a acessibilidade qualificada como “boa”, que, de acordo com o padrão de qualidade proposto por Ferraz e Torres (2004), seria uma distância menor que 300 metros. Para garantir essa

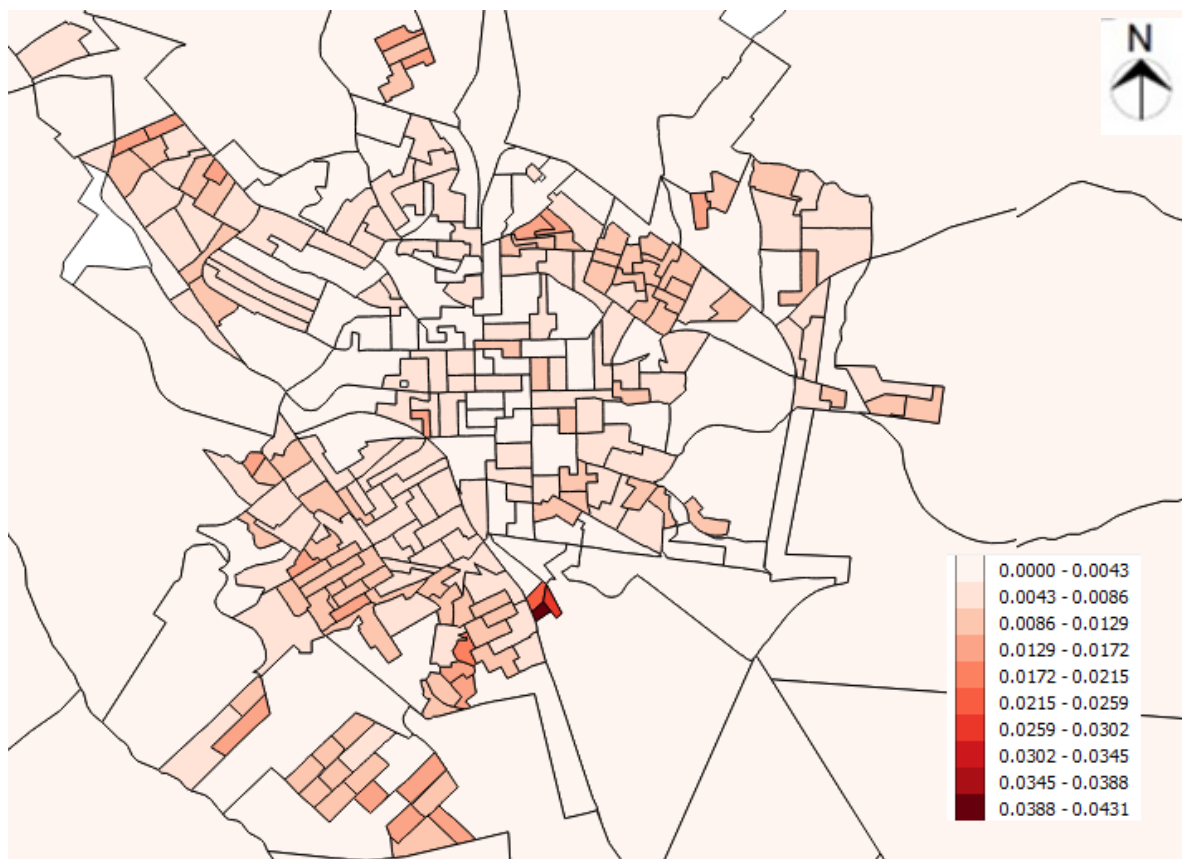
qualidade compensando condições desfavoráveis à caminhada (condições das calçadas, declividade do percurso, facilidade para cruzar as ruas existentes no trajeto, existência de iluminação nas vias públicas, segurança pessoal no trajeto, etc.), foi adotado o valor máximo de 200 metros até as linhas como distância atendida. Assim, foi possível visualizar toda a área atendida por elas, como disposto, em destaque, na Figura 4.



**Figura 4:** Área do município de São Carlos atendida pelas linhas de ônibus (sem escala)

O mapa do sistema viário de São Carlos usado como base para a determinação das linhas é de 2010. Por este motivo, não estão presentes os conjuntos habitacionais Abdelnur e Planalto Verde, o residencial José Zavaglia, o bairro Jardim Araucária e o IFSP. Estas são pequenas áreas em que algumas das linhas de ônibus chegam, sendo, portanto, consideradas como áreas atendidas, mesmo que não estejam presentes no mapa.

Para a determinação dos valores de população atendida, foi criado um mapa de densidade demográfica com o programa QGIS, que dividiu o município em setores censitários, dispostos pelo IBGE (2010b), e categorizou cada setor em faixas de densidade, como exibido na Figura 5.



**Figura 5:** Mapa de densidade demográfica de São Carlos (hab/m²)

As áreas em comum de cada um dos setores censitários e dentro da área atendida determinada na Figura 4 foram multiplicadas pela respectiva densidade para, de tal forma, encontrar os valores absolutos de atendimento pelo sistema. Este resultado está disposto na Tabela 2.

**Tabela 2:** Resultados de atendimento do sistema de transporte coletivo em São Carlos

Ano dos dados analisados	Área total atendida (ha)	População total atendida (hab)	População do município no ano analisado (hab)	Parcela da população do município atendida satisfatoriamente (%)
2010	4.813,8	216.174	221.950	97,40

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O transporte público urbano é vital para o funcionamento das cidades que atende. Hoje, mostra-se bastante eficiente e incentivado, seja por necessidade ou conscientização, através de medidas como o sistema de rodízio de automóveis, cobrança de taxas por estacionamentos,



propagandas e informativos nos mais diversos ambientes sociais.

Apesar da importância do sistema de transporte estudado, houve a dificuldade em se obter dados atualizados sobre o mesmo em São Carlos, o que limitou o estudo a utilizar informações referentes ao ano de 2010, o que mostra que há negligência quanto a este sistema em questão de estudos e base de dados necessários para a busca de melhorias.

Foi observado também que o método de determinação de área atendida utilizado (distância perpendicular das linhas) não é perfeito, já que nem sempre os usuários podem ou vão se deslocar aos pontos de acesso ao sistema de transporte público por rotas perpendiculares às linhas. Melhorias podem ser feitas com estudos de raios de cobertura de pontos de ônibus, condições de acessibilidade dos mesmos, possibilidades e uso de rotas de acesso e outros, de forma a determinar melhor a dificuldade enfrentada pelos usuários no acesso ao sistema de transporte público.

Através do estudo da rede de linhas do transporte coletivo urbano por ônibus em São Carlos, ficou claro que o atendimento deste sistema de transporte é bastante abrangente e está bem próximo de atender toda a população com boa acessibilidade, no quesito cobertura de atendimento.

Apesar do resultado positivo quanto à abrangência, o estudo revelou, durante o desenvolvimento, a irregularidade e a insatisfação populacional quanto ao sistema estudado. Grande parte dos usuários, abordados informalmente nas universidades e nos pontos de ônibus, se queixaram de problemas de cumprimento de horários, falta de informação quanto às linhas nos pontos e frequência das mesmas.

Consideradas estas queixas, faz-se necessário, portanto, uma pesquisa em qualidade do sistema de transporte público na cidade, visto que, mesmo com a abrangência satisfatória da rede de linhas encontrada neste estudo, a qualidade do funcionamento apresenta alguns pontos a serem melhorados; melhoria que poderá incentivar ainda mais a alternativa coletiva de locomoção, graças ao aumento da eficiência e qualidade da mesma, o que torna o uso muito conveniente e vantajoso aos usuários.

Por fim, o método empregado para análise da cobertura da rede de linhas do transporte coletivo urbano na cidade de São Carlos mostra-se bastante viável de ser aplicado nas demais cidades brasileiras para que órgãos responsáveis e empresas administradoras do transporte público consigam verificar se a cobertura da rede de linhas de seus municípios está adequada ou não, direcionando possíveis estratégias para elaboração de plano de ações.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANPT. Associação Nacional de Transportes Públicos. (2014) *Sistema de Informações da Mobilidade Urbana – Relatório Geral 2012*. 94p.
- DANIELS, R. MULLEY, C. (2012) *Planning Public Transport Networks – The Neglected Influence of Topography*. Journal of Public Transportation. The University of Sydney, v. 15. No. 4. p.23-41.
- DODSON, J. et al. (2011) *The principles of Public Transport Network Planning: A review of the emerging literature with select examples*. Urban Research Program, Griffith University. 27p.
- FERRAZ, A. C. P. TORRES, I. G. E. (2004) *Transporte Público Urbano*. 2. ed. São Carlos: RiMa. 410 p.
- FERREIRA, L. C. KILLER, N. A. TRINDADE, T. C. G. (2014) *Transporte público na cidade de São Carlos*. 33p. Relatório. Universidade de São Paulo, São Carlos.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010a) *Infográficos: frota municipal de veículos (São Carlos)*. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26 de maio. 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010b) *Bases e referenciais: malhas digitais*. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>>. Acesso em: 10 de outubro. 2017.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2011) *Infraestrutura Social e Urbana no Brasil – subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas*. A Mobilidade Urbana no Brasil. 35p.
- LIMA JUNIOR, O. F. (1995) *Qualidade em serviços de transportes: conceituação e procedimento para diagnóstico*. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 175 p.
- LJUNGBERG, A. (2005) *Using Geographic Information System (GIS) doing CBA on new bus route systems – an empirical example of the city of Linköping*. 9th Conference on Competition and Ownership in Land Transport. Lisbon, Portugal. 21p
- NTU. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. (2008) *Desempenho e qualidade nos sistemas de ônibus urbanos*. São Paulo.
- RECK, G. (2010) *Transporte Público*. Londrina: Departamento de Transporte/UFPR. 108p.

---

Elias Martins de Souza Filho (eliasmsouza@outlook.com)

Fernando Hideki Hirosue (sorriso@ufscar.br)

Departamento de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de São Carlos

Rodovia Washington Luís, km235 – São Carlos, SP, Brasil