

Transporte público urbano e qualidade de vida: análise da acessibilidade através da distância real de caminhada do usuário de ônibus

Marcela Navarro Pianucci

Universidade Norte do Paraná – Unopar, Londrina, PR.
Departamento de Engenharia Civil
E-mail: manavarropg@gmail.com

Paulo César Lima Segantini

Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, SP.
Departamento de Engenharia de Transportes
E-mail: pclsegantini@usp.br

Fernando Hideki Hirosue

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP. Departamento de Engenharia Civil
E-mail: sorriso@ufscar.br

Para que uma cidade seja acessível com autonomia e segurança, são necessários um sistema de transporte de qualidade e uma infraestrutura adequada, diminuindo as dificuldades de se chegar a um destino e, consequentemente, aumentando as oportunidades de os usuários usufruírem a cidade, facilitando seu acesso ao trabalho, escola, lazer e saúde. Ao se avaliar as cidades brasileiras, percebe-se uma série de problemas, tanto na infraestrutura quanto na qualidade dos serviços de transporte, acarretando a redução da acessibilidade (Brasil, 2006).

Anteriormente, a acessibilidade era analisada pelas instalações de elevadores no ônibus para deficientes, o que impedia uma análise mais abrangente do problema, ignorando outras necessidades existentes. Sendo assim, deve-se levar em conta o ambiente (calçada, pontos de parada de ônibus e estações) e os veículos para que os sistemas de transporte sejam acessíveis (Brasil, 2007).

Não existe uma definição padrão para acessibilidade. Ela é definida e operacionalizada de várias maneiras, assumindo uma variedade de significados. Acessibilidade é derivada do latim *acessibilitate*, utilizada para quantificar o que pode chegar facilmente ou o que está ao alcance. É um termo muito utilizado na informática, na arquitetura, na medicina e nos transportes (Brasil, 2006). No campo específico de transportes, as utilizações e as definições também variam consideravelmente.

De acordo com Raia Júnior (2000), esse conceito tem sido abordado e debatido há muitos anos e ainda permanece atual e de grande utilidade para as atividades de planejamento urbano e de transporte, motivo pelo qual é considerado como uma das melhores medidas para se avaliar a qualidade de serviços de transportes.

Em um contexto mais amplo, a acessibilidade está relacionada à facilidade de movimento entre lugares. Se o movimento for mais rápido e de baixo custo entre dois pontos, a acessibilidade aumenta e a interação entre dois lugares cresce com a queda do custo de deslocamento entre eles. Sendo assim, a acessibilidade está relacionada com a distância que o usuário precisa caminhar para utilizar o transporte, desde a distância da origem da viagem até o local de embarque, e do local de embarque até o destino final (Melo, 1975; Ferraz; Torres, 2004; Henrique, 2004).

Análises realizadas em várias pesquisas indicam que a acessibilidade diminui com o aumento da distância e, consequentemente, a qualidade do serviço diminui. De acordo com Zhao *et al.* (2002), o uso de transporte público diminui em função da distância de caminhada do usuário até o ponto de embarque. Challuri (2006) afirma, também, que o decaimento do uso do transporte público é função da distância de caminhada. O autor destaca que a adequação ao acesso para o sistema de transporte público atraria mais pessoas ao sistema.

Para Ferraz e Torres (2004), a avaliação da qualidade do transporte público em relação à acessibilidade, sob o ponto de vista dos usuários, pode ser realizada de acordo com a distância de caminhada do ponto de partida até o local de embarque, e do local de desembarque até o destino final, além das condições de comodidade durante estes percursos. Os parâmetros de avaliação propostos pelos autores são apresentados na tabela 1.

Tabela 1
Caracterização da acessibilidade

Parâmetros de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Distância de caminhada no início e no fim da viagem (m)	< 300 m	300 a 500 m	>500 m
Declividade não exagerada dos percursos em grandes distâncias, passeios revestidos e em bom estado, segurança na travessia das ruas, iluminação noturna etc.	Satisfatório	Deixa a desejar	Insatisfatório

Fonte: Ferraz e Torres (2004).

Além da acessibilidade, existem outros parâmetros de desempenho, como a conveniência, o conforto, a confiabilidade, a segurança e o custo do serviço oferecido, que refletem na percepção do usuário em relação à qualidade do sistema de transporte público.

Não é simples resolver problemas do sistema de transporte público quanto à acessibilidade, pois existe uma heterogeneidade de neces-



sidades individuais e entendimento dos requisitos da solução integrada, além da resistência em aceitar o que é fora do padrão pré-estabelecido. Portanto, ao se pensar em um sistema de transporte urbano acessível a todos, deve-se pensar em um sistema que trate as diferenças, as exceções e as particularidades, garantindo direitos iguais, visando a redução de barreiras até sua eliminação total (Brasil, 2006).

Partindo deste ponto de vista, faz-se necessário que esse sistema, tão importante para a economia, seja viável e socialmente adaptável às exigências das classes sociais urbanas. Dessa forma, o objetivo deste estudo é propor uma melhoria da qualidade do sistema de transporte público por ônibus através de uma análise de acessibilidade de que considere os registros de viagens, com base na localização real do ponto de origem dos usuários por meio de dados desagregados. Para validação do método, foi realizado um estudo de caso na cidade de São Carlos-SP, podendo ser aplicado em outras cidades.

OBTENÇÃO DOS DADOS

No planejamento de transportes, um dos principais problemas que o planejador enfrenta é a obtenção de dados, bem como a garantia de sua qualidade. A coleta de dados é uma das primeiras etapas deste estudo. Esses dados, após coletados, devem ser analisados com muito rigor para que a análise seja realizada com informações confiáveis e representativas em termos de qualidade e da quantidade na região em estudo (Teixeira, 2003).

A pesquisa de campo é o método mais aplicado no planejamento de transportes. Um bom exemplo é a pesquisa origem e destino, também conhecida por pesquisa OD, a qual tem por objetivo coletar dados e informações dos deslocamentos segundo as origens, os destinos, os motivos de viagem e os modos de transporte utilizados nestas viagens. Este tipo de pesquisa é instrumento vital para o planejamento de transporte urbano, pois fornece dados da natureza dos deslocamentos da população em um aglomerado urbano, incluindo sua situação socioeconômica (Silva, 2008).

Pelo fato de a pesquisa OD ser pouco realizada, poucas cidades brasileiras possuem esse tipo de informação atualizado. Devido à disponibilidade da Pesquisa OD de 2007/2008 realizada na cidade de São Carlos-SP por Silva (2008), optou-se por utilizá-la como uma das fontes de dados para o desenvolvimento deste trabalho. Nesta pesquisa, o autor obteve uma amostra de 1.376 usuários do sistema de transporte público urbano do município. Outra variável utilizada neste estudo é a base de dados dos setores censitários do IBGE (2013), por fornecer dados socioeconômicos confiáveis tanto em qualidade quanto em continuidade e estar disponível gratuitamente pela internet, sendo possível o acesso às tabelas referentes ao censo. Os dados do IBGE utilizados neste estudo



foram o mapa da cidade de São Carlos-SP, subdividido em setores censitários, e os dados sobre a renda mensal dos responsáveis pelos domicílios, ou seja, o rendimento nominal mensal dos responsáveis dividido pelas pessoas responsáveis pelo domicílio com ou sem renda.

Outra fonte utilizada foi a base de dados fornecida pela Secretaria Municipal de Transportes e Trânsito (SMTT) da Prefeitura Municipal de São Carlos-SP, que continha a localização dos pontos de parada dos ônibus da cidade.

Todos os mapas foram gerados em SIG-T. Neste trabalho, optou-se por utilizar o Sistema de Informação Geográfica – SIG TransCAD, versão 4.8, que apresenta uma série de ferramentas para o planejamento de transportes na plataforma SIG e está disponível no Departamento de Engenharia de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos-SP (STT/EESC/USP).

Figura 1
As 41 zonas de tráfego da cidade de São Carlos



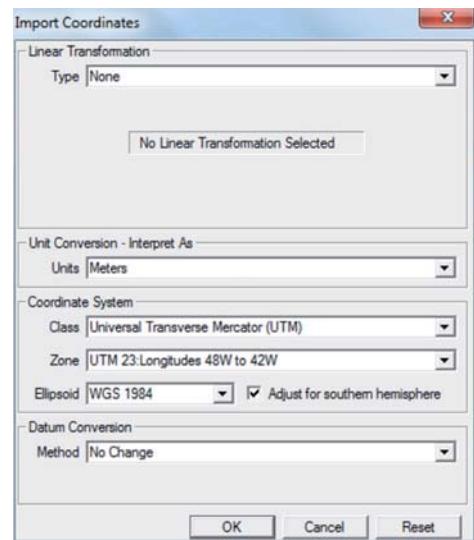
Devido aos setores censitários do IBGE serem divididos em 245 zonas, optou-se, por uma questão de entendimento e análise dos dados, utilizar a base da cidade de São Carlos-SP dividida por 41 zonas de tráfego, como pode ser visto na figura 1. Para isto, foi necessário importar os dados de renda dos setores censitários do IBGE para essas 41 zonas de tráfego.

MÉTODO E APLICAÇÃO

O método proposto foi aplicado utilizando os dados da cidade de São Carlos-SP para verificar a acessibilidade do sistema de transporte público por ônibus. O município de São Carlos, 13^a maior cidade do interior do Estado de São Paulo em número de residentes, possui uma área total de 1.141 km², dos quais 67,25 km² conformam sua área urbana (IBGE, 2017).

A primeira etapa do método consistiu na importação das bases de dados no SIG, apresentadas anteriormente, já analisadas, selecionadas e trabalhadas. Foi considerado o ajuste dos sistemas de coordenadas e, no caso desses mapas, as coordenadas estão no sistema UTM, no hemisfério Sul e no elipsóide de referência geocêntrico WGS-84, conforme apresentado na figura 2.

Figura 2
Importação das coordenadas no TransCAD



Após selecionadas as coordenadas, foi gerado o mapa dos usuários de ônibus que pode ser visualizado na figura 3, e o mapa dos pontos de ônibus mostrado na figura 4.



Figura 3
Localização dos usuários de ônibus

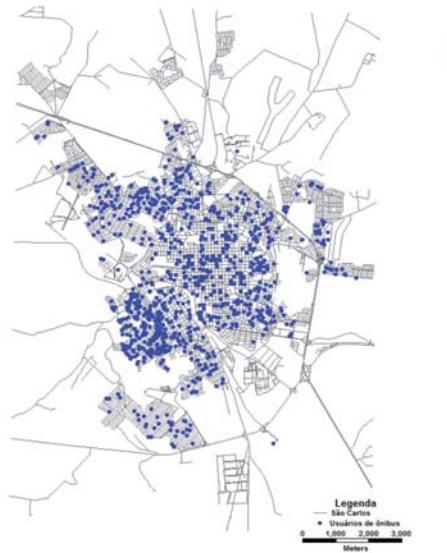
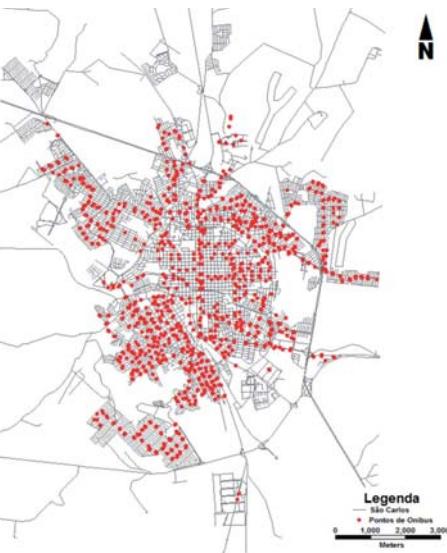


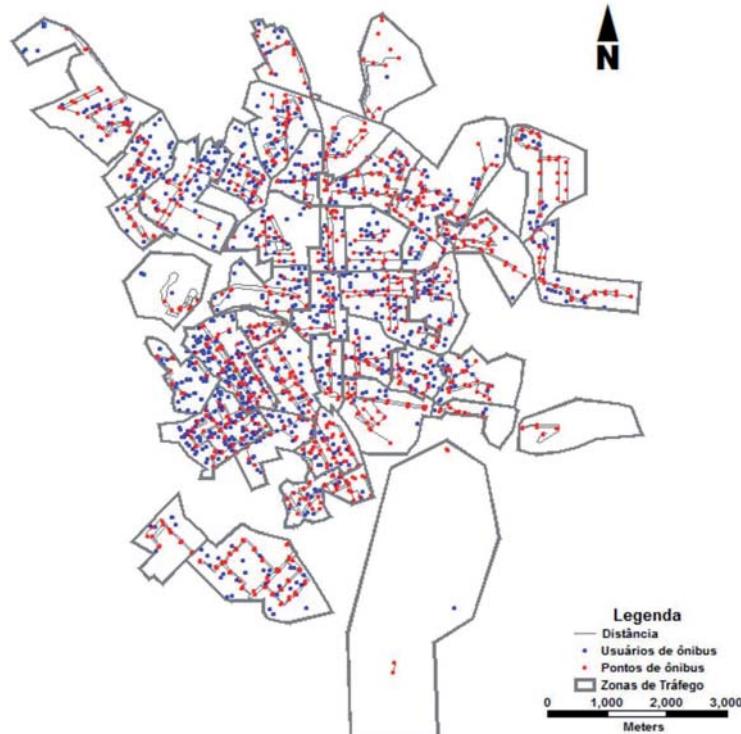
Figura 4
Localização dos pontos de ônibus



Na segunda etapa, foram gerados os nós através do comando *Connect* para calcular a distância perpendicular entre a residência do usuário e todos os pontos de parada. Utilizando sua ferramenta chamada *Shortest path on a network*, foi possível realizar a terceira etapa do método, gerando uma matriz de mínimos caminhos de 1.376 linhas (amostra de usuários do sistema de transporte público urbano) por 1.064 colunas (pontos de ônibus), calculando as distâncias mínimas de caminhada da residência do usuário até todos os pontos de ônibus da cidade.

Na quarta etapa, foram calculadas as distâncias entre os pontos de parada, sobrepondo o mapa das linhas de ônibus com o da localização dos pontos de ônibus para identificar quais pontos de parada pertenciam a determinada linha e determinar as distâncias entre eles, considerando somente as distâncias entre os pontos de ônibus que estivessem dentro da mesma zona, de acordo com a figura 5.

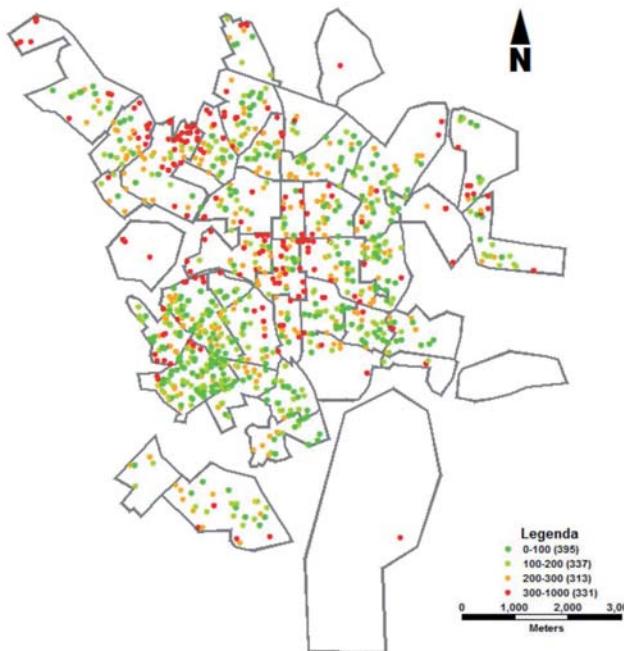
Figura 5
Distância entre os pontos de paradas delimitados por zonas



Finalmente, a quinta e última etapa de aplicação do método foi a geração dos mapas temáticos, de grande valor e auxílio para visualizar de forma mais rápida e com melhor entendimento o que se deseja destacar.

O primeiro mapa temático gerado foi o da figura 6, que é o das distâncias médias mínimas de caminhada da residência do usuário até o ponto de ônibus mais próximo por zona de tráfego. Nota-se que, na maioria das zonas, a população precisa caminhar uma distância de, no máximo, 300 m.

Figura 6
Distâncias mínimas de caminhada de cada um dos usuários de ônibus



A figura 7 mostra o mapa temático da renda média mensal dos usuários de ônibus da cidade de São Carlos-SP por zona de tráfego. Pode-se notar que, para esta amostra, a maioria dos usuários possui uma renda média mensal da ordem de R\$ 1.500,00.

Finalizando as análises deste estudo de caso, a figura 8 apresenta o mapa temático das distâncias médias entre os pontos de parada em cada zona de tráfego. É possível perceber que a maioria dos pontos de ônibus distâncias-se de 100 a 300 metros.

Figura 7
Renda média dos usuários de ônibus por zona de tráfego

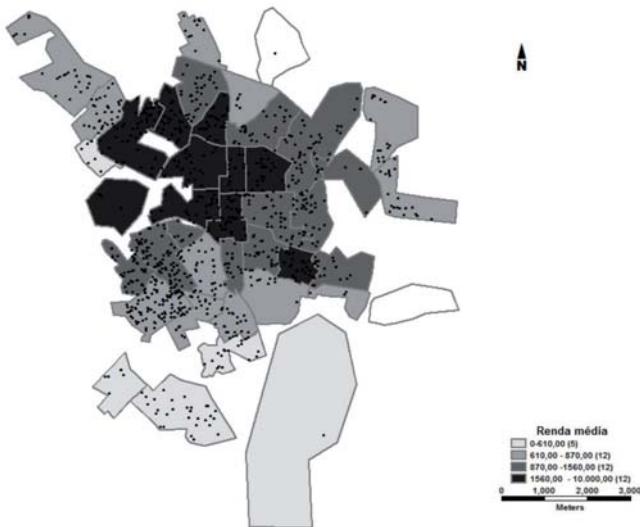


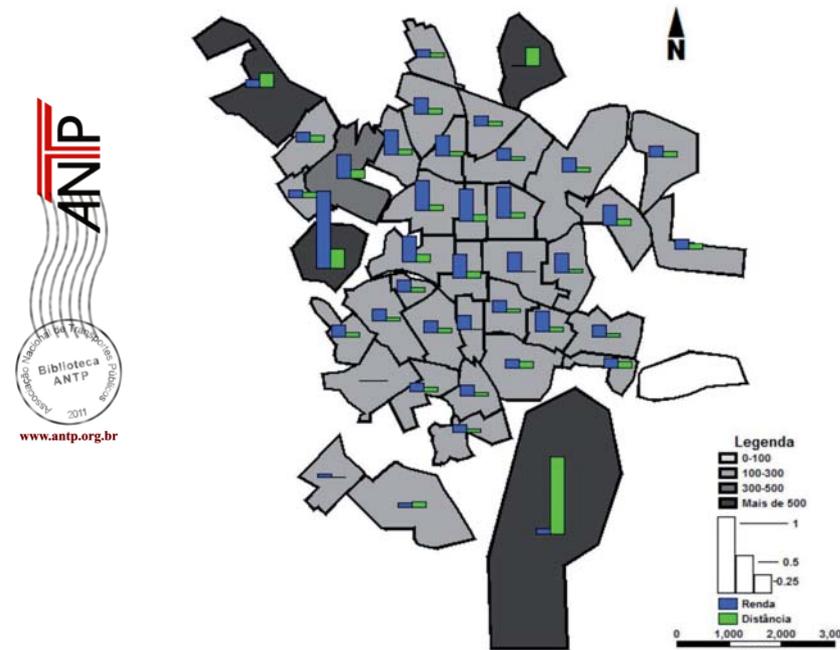
Figura 8
Distâncias médias de caminhada entre os pontos de ônibus



RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro resultado analisado foi em relação às médias das distâncias mínimas de caminhada até o ponto de parada mais próximo e a relação existente com a renda dos usuários dentro de cada zona de tráfego, como mostra a figura 9.

Figura 9
Relação da mínima distância de caminhada e renda dos usuários de ônibus por zona de tráfego



Constatou-se que, na maioria das zonas em que as distâncias de caminhada são menores que 300 metros, a renda média mensal dos usuários amostrados também é menor. Nas zonas em que as distâncias de caminhada são maiores que 300 metros, a renda média mensal dos usuários também é maior.

Na análise quantitativa dos dados, foi observado que dos 1.376 usuários de ônibus da cidade de São Carlos, 1.072 precisam caminhar uma distância de, no máximo, 300 metros para ter acesso ao sistema de transporte público por ônibus, sendo que possuem uma renda média mensal da ordem de R\$ 1.500,00. Em uma distância de caminhada de 300 a 500 metros encontram-se 13% desses usuários e

apenas 9% precisam caminhar mais que 500 metros para ter acesso ao sistema (parcela dos usuários atendidos de maneira insatisfatória, de acordo com os parâmetros de Ferraz e Torres, 2004).

Para avaliar as distâncias entre os pontos de paradas, foram utilizadas as faixas usuais que, para o modo ônibus, é de 200 a 600 m, conforme mostrado na tabela 2. A figura 10 mostra o mapa temático referente à distância entre os pontos de ônibus da região estudada.

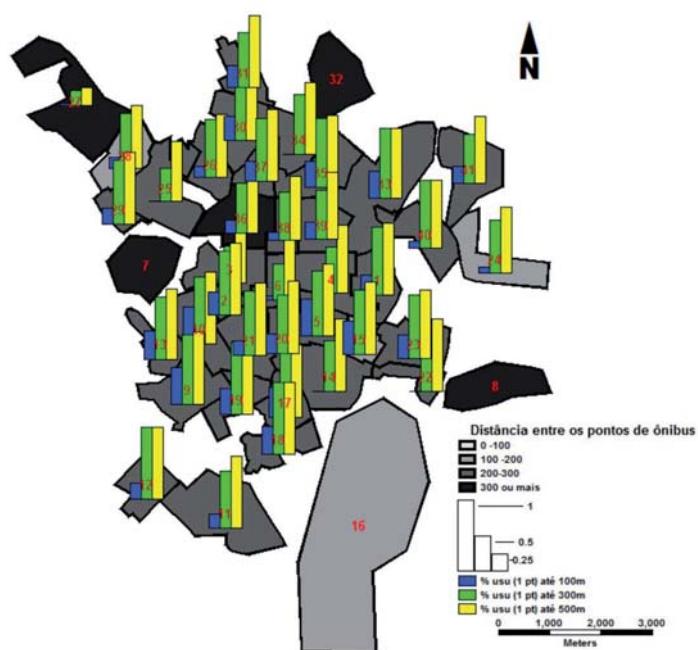
Tabela 2

Faixas usuais de distância entre paradas nos diversos modos

Modo	Faixas de distâncias
Ônibus	200 a 600 m
Bonde	200 a 600 m
VLT	400 a 1.000 m
Metrô	700 a 2.000 m
Trem suburbano	1.500 a 4.000 m

Fonte: Ferraz e Torres (2004).

Figura 10
Distância entre os pontos de ônibus



Nota-se que a maioria dos pontos de parada da cidade de São Carlos-SP está inserida dentro dos padrões usuais de 200 a 600 metros. Nas zonas 15, 16, 24 e 28, as distâncias entre os pontos de parada são de, no máximo, 200 metros, e somente nas zonas 7, 8, 27, 32 e 36, os pontos de parada estão locados a uma distância superior a 300 metros. Na maioria das zonas, os pontos de parada distanciam-se de 200 a 300 metros.

Na análise das porcentagens dos usuários que possuem pelo menos um ponto de ônibus a até 100 metros de caminhada, conclui-se que 21,8% dos usuários amostrados enquadram-se nesta condição. Na distância de 300 metros de caminhada, 72% dos usuários amostrados possuem pelo menos um ponto de ônibus dentro deste raio. Esses dados mostram uma boa acessibilidade sob o ponto de vista dos usuários de ônibus, de acordo com os parâmetros de Ferraz e Torres (2004). Já na distância de 500 metros de caminhada, 86% dos usuários possuem pelo menos um ponto de ônibus a esta distância, considerada como uma acessibilidade regular sob o ponto de vista dos usuários de ônibus (Ferraz; Torres, 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método proposto se diferencia por utilizar os dados de forma desagregada, tornando possível uma análise da distância real de caminhada de cada usuário amostrado pela Pesquisa OD até o ponto de ônibus mais próximo de sua residência.

Um dos problemas enfrentados nestas pesquisas é quanto ao georreferenciamento. O pesquisador deve estar atento para verificar se as fontes de dados estão no mesmo sistema de referência e se há necessidade de executar alguma conversão entre os mesmos. Neste estudo, as bases de dados estavam georreferenciadas no sistema SAD-69, sendo necessário convertê-las para o sistema WGS-84.

O uso das ferramentas de um Sistema de Informação Geográfica foi de fundamental importância para a realização das etapas deste estudo. Neste trabalho, o SIG utilizado foi o TransCAD versão 4.8. Esse software foi útil para o processo de organização, tratamento e avaliação dos dados que se apresentavam de forma desagregada, e por fornecer resultados vinculados à localização geográfica dos locais de estudo que foram os pontos de ônibus e as residências dos usuários de transporte público por ônibus.

É possível observar que, no caso de São Carlos, a distribuição de pontos de parada é menos densa em áreas de renda mais elevada. Este fato deve-se à existência de condomínios fechados, onde habitam pessoas com maior poder aquisitivo que fazem menos uso do transporte público. No entanto, é necessário realizar um estudo mais detalhado do perfil dos habitantes dessas regiões da cidade, verificando sua demanda por diversos modos de transporte.

Analisando os resultados obtidos neste estudo, conclui-se que, na cidade de São Carlos-SP, em geral, os usuários do sistema de transporte público localizam-se a uma distância de acesso aos pontos de parada dentro dos parâmetros estabelecidos para acessibilidade. Essa acessibilidade foi analisada utilizando a distância de caminhada do usuário até o ponto de ônibus mais próximo. Nas zonas onde a renda média dos usuários de ônibus é baixa, as distâncias de caminhada são menores. Isso reforça o ônibus como o modo de transporte que atende, principalmente, os deslocamentos da população de baixa renda. Houve exceções para algumas zonas onde a renda média mensal é alta e a distância de caminhada é baixa, ou vice-versa, onde a renda é baixa e a distância de caminhada é alta. Isso demonstra que em uma próxima Pesquisa OD estas zonas devem ser melhores investigadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério das Cidades. Desenvolvimento do Guia PlanMOB para orientação aos órgãos gestores municipais na elaboração dos planos diretores de transporte e da mobilidade, 2007.
- _____. Implantação de sistemas de transportes acessíveis, 2006.
- CHALLURI, S. *An analysis of public transit accessibility the distance constrained p-median problem approach: Bus stop consolidation for the capital area transit system of east Baton Rouge parish, Louisiana.* 110 f. Dissertação de mestrado, Department of Geography and Anthropology, Visvesvaraya Technological University, Visvesvaraya, 2006.
- FERRAZ, A. C. P. & TORRES I. G. E. *Transporte público urbano.* 2ª edição. São Carlos: Rima, 2004.
- HENRIQUE, C. S. *Diagnóstico espacial da mobilidade e da acessibilidade dos usuários do sistema integrado de transporte de Fortaleza.* 178 f. Dissertação de mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-carlos>>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- _____. Menu Censo 2010. IBGE, 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=264529>>. Acesso em: 15 dez. 2017.
- MELO, J. C. *Planejamento dos transportes.* São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 1975.
- RAIA JÚNIOR, A. A. *Acessibilidade e mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando redes neurais artificiais e sistemas de informações geográficas.* São Carlos. 217 p. Tese de doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- SILVA, A. N. R. Pesquisa origem-destino da cidade de São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.
- TEIXEIRA, G. L. *Uso de dados censitários para identificação de zonas homogêneas para planejamento de transportes utilizando estatística espacial.* 169 f. Dissertação de mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.
- ZHAO, F.; LI, M. T.; CHOW, L. F.; GAN, A.; SHEN, L. D. *FSUTMS Mode choice modeling: factors affecting transit use and access.* National Center for Transit Research, Florida Department of Transportation, 2002.



CONHEÇA MELHOR A ANTP

Suas Comissões Técnicas e Grupos de Trabalho
 Bicicletas • Sistemas Inteligentes de Transporte - ITS •
 Marketing • Meio Ambiente • Metroferroviária •
 Pesquisa de Opinião • Qualidade e Produtividade •
 Trânsito • Mobilidade • Ônibus

Seus Programas e Projetos

Sistema de Informações da Mobilidade Urbana
 Prêmio ANTP - ABRATI de Boas Práticas

Visite o site da entidade - <http://www.antp.org.br>