

MARCELA NAVARRO PIANUCCI

**Análise da acessibilidade do sistema de transporte público urbano. Estudo de caso na cidade de São Carlos-SP**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes. Área de Concentração: Infraestrutura de Transportes.

**Orientador:** Prof. Assoc. Paulo César Lima Segantine.

**São Carlos**

**2011**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

P581a Pianucci, Marcela Navarro.  
Análise da acessibilidade do sistema de transporte público urbano. : estudo de caso na cidade de São Carlos-SP. / Marcela Pianucci; orientador Paulo César Lima Segantine. São Carlos, 2011.

Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de Concentração em Infraestrutura de Transportes) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

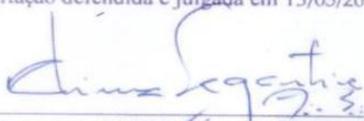
1. Transporte público urbano. 2. Acessibilidade. 3. SIG. I. Título.

DEDICATÓRIA

**FOLHA DE JULGAMENTO**

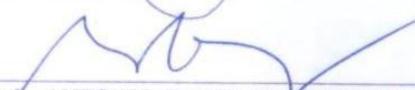
Candidato(a): Tecnólogo **MARCELA NAVARRO PIANUCCL**

Dissertação defendida e julgada em 13/05/2011 perante a Comissão Julgadora:



Prof. Associado **PAULO CÉSAR LIMA SEGANTINE** – (Orientador)  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

*Aprovado*



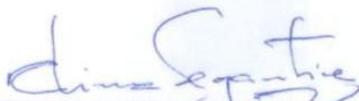
Prof. Titular **ANTONIO CLOVIS PINTO FERRAZ**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

*APROVADO*



Profª. Drª. **LUZENIRA ALVES BRASILEIRO**  
(Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"/UNESP/campus de Ilha Solteira)

*APROVADO*



Prof. Associado **PAULO CÉSAR LIMA SEGANTINE**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Transportes e Presidente da  
Comissão de Pós-Graduação

*A minha mãe, Varg, que me incentivou e  
ajudou para a realização deste trabalho*

## DEDICATÓRIA

---

*A minha tia Vera que me incentivou e ajudou para a realização deste mestrado.*

## AGRADECIMENTOS

---

Ao meu orientador, Paulo César Lima Segantine, pela amizade, atenção, dedicação, paciência e empenho na orientação desta dissertação.

Ao Prof. Antônio Néson Rodrigues da Silva, pela paciência em ensinar e pela idéia deste estudo.

Aos meus pais Maria Cristina e Carlos, meus alicerces de vida, pelo incentivo, amor, conselhos e por sempre acreditarem em mim.

A minha irmã Marília que sempre apoiou e acreditou em mim.

Aos demais membros da minha família, Vô e Vó, Tios e Tias e Primos que sempre me ajudaram e se estou aqui é por eles também.

Ao meu namorado Érico, por todo o amor e, por acreditar no meu potencial. Sempre me incentivando e fortalecendo, para eu concluir mais esta jornada de minha vida.

Às meninas que se tornaram minha família durante o Mestrado: nos primeiros anos Ana Paula, Monique, Lara e Mariana e nos momentos de mais dificuldades e nervosismo, parte final da dissertação, a Gabi que me aceitou como uma nova moradora em sua casa. Muito obrigada meninas pela ajuda, pelo cuidado, pelos conselhos e por me fazer feliz esses anos.

Àqueles que sempre estiveram dispostos a me ajudar na realização deste trabalho: Mario, Mateus Araújo, Diego e em especial a Rochelle.

Aos que me ajudaram durante as disciplinas: André Cunha, Cassiano e Helen.

Aos amigos do departamento que conviveram o dia a dia comigo: Mara, Vivian, Lígia, Talita, Marcelo, Victor, Robert, Joyce, Carla e Gustavo.

À minha companheira de sala Andressa, pela compreensão, ajuda e amizade.

À minha amiga Mariana Roveri que sempre esteve do meu lado, sempre acreditando e dando força para a realização deste mestrado.

Aos docentes do Departamento de Engenharia de Transportes que contribuíram para meu crescimento profissional.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia de Transportes pela atenção durante o curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos para a efetivação desta dissertação.

E, também, à Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito de São Carlos pela cessão dos dados para se tornar possível este estudo.

## SUMÁRIO

---

<b>DEDICATÓRIA .....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>II</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XI</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Caracterização do problema.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Justificativa .....	3
1.3 Estrutura da dissertação.....	5
<b>2 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO .....</b>	<b>7</b>
2.1 História do transporte urbano .....	7
2.2 Crescimento das cidades .....	8
2.3 Transporte público urbano.....	10
2.4 Transporte Público x Transporte Individual .....	14
2.5 Desafios do transporte urbano .....	17
<b>3 ACESSIBILIDADE .....</b>	<b>19</b>
<b>4 VARIÁVEIS DO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES .....</b>	<b>24</b>
4.1 Pesquisa de campo .....	24
4.1.1 Pesquisa origem-destino da cidade de São Carlos-SP .....	25
4.2 Base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.....	31
<b>5 MÉTODO PROPOSTO .....</b>	<b>33</b>
5.1 Estrutura .....	35
5.2 O Método proposto .....	36
5.2.1 Etapa1: Seleção e análise dos dados.....	36
5.2.2 Etapa 2: Preparação das bases de dados.....	39
5.2.3 Etapa 3: Geração dos mapas dos usuários e dos pontos de ônibus .....	42

5.2.4	Etapa 4: Cálculo das distâncias.....	43
5.2.5	Etapa 5: Geração dos mapas temáticos por zonas de tráfego .....	44
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>48</b>
6.1	Apresentação .....	48
6.1.1	Caracterização do município de São Carlos-SP .....	48
6.2	Aplicação do método proposto para a cidade de São Carlos-SP .....	50
6.2.1	Seleção e análise dos dados .....	51
6.2.2	Geração dos mapas dos usuários e dos pontos de ônibus .....	53
6.2.3	Cálculo das distâncias: Distância da residência do usuário até o ponto de ônibus e distância entre pontos de ônibus.....	58
6.2.4	Mapas temáticos por zona de tráfego.....	64
<b>7</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
7.1	Análise das médias das distâncias mínimas de caminhada até o ponto de parada mais próximo e a relação existente com a renda de cada zona de tráfego .....	71
7.2	Análise do número de pontos de ônibus.....	73
7.3	Análise das distâncias mínimas entre os pontos de ônibus e suas distribuições.....	77
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>80</b>
8.1	Conclusões.....	80
8.2	Recomendações.....	82
<b>9</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>84</b>

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1- Estrutura geral deste trabalho.....	5
Figura 2- Cidade de São Carlos-SP subdividida em setores censitários, segundo os critérios do IBGE-2000.....	26
Figura 3- Base de pontos dos domicílios da cidade de São Carlos-SP em uma amostra de 6%.....	28
Figura 4- Cidade de São Carlos-SP dividido em 41 zonas de tráfego. ....	38
Figura 5- Mapa dos 245 Setores Censitários do IBGE 2000.....	45
Figura 6- Mapa das 41 zonas de tráfego.....	46
Figura 7- Localização do município de São Carlos. ....	49
Figura 8- Imagem de Satélite do município de São Carlos-SP. ....	49
Figura 9- Nova base de dados para o mapa de usuários de ônibus da cidade de São Carlos-SP.....	51
Figura 10- Mapa dos pontos de ônibus da cidade de São Carlos-SP fornecido pela SMTT. ....	52
Figura 11- Importação de coordenadas no TransCAD versão 4.5. ....	54
Figura 12- Mapa dos usuários de ônibus da cidade de São Carlos-SP. ....	54
Figura 13- Mapa de área dos pontos de ônibus.....	55
Figura 14- Comando de transformação de áreas em pontos. ....	56
Figura 15- Mapa dos pontos de ônibus da cidade de São Carlos-SP.....	56
Figura 16- Mapa final dos usuários de transporte público e os pontos de ônibus da cidade de São Carlos-SP. ....	57
Figura 17- Mapa da distância da residência do usuário até o ponto de parada mais próximo. ....	59
Figura 18- Matriz dos mínimos caminhos de todos os usuários de ônibus e pontos de parada. ....	60
Figura 19- Matriz da distância mínima de caminhada até o ponto de parada mais próximo. ....	61
Figura 20- Banco de dados das informações dos usuários de transporte público por ônibus. ....	62

Figura 21- Mapa das 54 linhas de ônibus de São Carlos-SP.....	63
Figura 22- Mapa das distâncias entre pontos de parada delimitados por zonas.....	64
Figura 23- Localização espacial dos usuários e sua distância mínima de caminhada. .....	65
Figura 24- Mapa temático das distâncias médias mínimas de caminhada da residência do usuário de ônibus até o ponto de parada mais próximo por zonas de tráfego.....	66
Figura 25- Renda média mensal de cada usuário de ônibus. ....	67
Figura 26- Diferença das áreas dos setores censitários do IBGE e das zonas de tráfego.....	68
Figura 27- Mapa temático da renda média mensal dos usuários de ônibus. ....	69
Figura 28- Mapa temático das distâncias médias entre pontos de ônibus. ....	70
Figura 29- Mapa temático da porcentagem dos usuários que possuem pelo menos um ponto de ônibus até 100 metros de caminhada.....	74
Figura 30- Mapa temático da porcentagem dos usuários que possuem pelo menos um ponto de ônibus até 300 metros de caminhada.....	75
Figura 31- Mapa temático da porcentagem dos usuários que possuem pelo menos um ponto de ônibus até 500 metros de caminhada.....	76

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1- Padrões de qualidade para o transporte público por ônibus. ....	13
Tabela 2- Distribuição das viagens quanto ao motivo e ao modo. ....	30
Tabela 3- Distribuição das viagens quanto ao motivo e ao modo. ....	30
Tabela 4- Pontos da rede GPS de São Carlos-SP. ....	42
Tabela 5- Renda média mensal e distância média mínima por zona de tráfego. ....	72
Tabela 6- Distâncias médias entre pontos de parada por zonas de tráfego. ....	78
Tabela 7: Número de pontos de parada que distanciam-se de 0 à 600 metros. ....	79

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

---

ANTP - Associação Nacional dos Transportes Públicos  
BIS - Bases de Informações por Setor Censitário  
BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento  
EESC - Escola de Engenharia de São Carlos  
EUA - Estado Unidos da América  
FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
GPS - Global Positioning System  
GRS-80 - Geodetic Reference System 1980  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
O-D - Origem e Destino  
PTH - Projeto Transporte Humano  
SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto  
SAD-69 - South American Datum  
SIG-T - Sistema de Informação Geográfica de Transportes  
SIRGAS 2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas  
SMTT - Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito  
SP - Estado de São Paulo  
TED - Tonelada Equivalente de Petróleo  
USP - Universidade de São Paulo  
UTM - Universal Transversa de Mercator  
WGS-84 - World Geographic System

## RESUMO

---

PIANUCCI, M. N. *Análise da acessibilidade do sistema de transporte público urbano. Estudo de caso na cidade de São Carlos-SP*. São Carlos, 2011, 82p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Em razão da existência de problemas que afetam o sistema de transporte público urbano no Brasil, tais como, o aumento da população, o acelerado crescimento das cidades e a falta de planejamento urbano houve uma diminuição na qualidade do serviço de transporte. Diante desse quadro, apresenta-se nesta pesquisa um método para avaliar a acessibilidade do sistema de transporte público por ônibus nas cidades, a fim de auxiliar na tomada de decisões em relação ao planejamento urbano e, conseqüentemente, melhorias no serviço. Para a realização deste método foi necessário utilizar uma base de dados dos setores censitários do IBGE 2000 (renda), informações da Pesquisa O-D (localização geográfica da residência dos usuários de ônibus), e a base de dados fornecidos pela administração municipal que continha a localização dos pontos de ônibus desta cidade. Com esses dados selecionados, foram gerados os mapas da localização dos usuários de ônibus e dos pontos de ônibus e, posteriormente, para melhor entendimento e análise dos dados, foram criados mapas temáticos da renda dos usuários, da distância mínima de caminhada até o ponto de ônibus mais próximo e o das distâncias entre pontos de ônibus. Foi realizado um estudo de caso do método proposto na cidade de São Carlos-SP, utilizando o SIG TransCAD versão 4.8 para organização, tratamento e análise dos dados, permitiu caracterizar de forma eficaz o comportamento dos dados, pois se apresentavam de forma desagregada. O resultado geral sobre a acessibilidade do sistema de ônibus desta cidade, considerando a distância de caminhada e a renda dos usuários foi que, na maioria das zonas, os usuários de ônibus precisam caminhar no máximo 300m para ter acesso ao sistema de transporte e possuem uma renda média mensal da ordem de três salários mínimos. Outro resultado obtido foi que aproximadamente 90% dos pontos de parada distanciam-se de 200 a 300 metros. Como conclusão geral deste estudo, pode-se dizer que o método desenvolvido poderá contribuir com o poder público municipal no planejamento urbano futuro desta cidade.

**Palavras-chave:** transporte público urbano, acessibilidade, SIG.

## ABSTRACT

---

PIANUCCI, M. N. *Accessibility analysis of the bus public transportation system. Case study in the São Carlos-SP city*. São Carlos, 2011, 82p. Master Thesis– Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São de Paulo.

Due to problems affecting the urban public transportation system in Brazil, such as population growth, fast expansion of cities and the lack of urban planning, there was a decrease in the quality of transport service. This situation motivated us to introduce a method to evaluate the accessibility of the bus public transportation system in cities as a way to help taking decisions in urban planning and, consequently, improvements in service quality. For the implementation of this method, it was necessary to use the IBGE census database of the year 2000 (income), information of the O-D research (area of residence of bus users), and the database provided by the municipal administration containing the location of bus stops in town. Using these databases, we generated maps of bus user locations and bus stops and, subsequently, to better understanding and analysis of these databases, thematic maps were created from the users' income, the minimum distance to walk from home to the nearest bus stop and the distances between bus stops. We conducted a case study of the proposed method in São Carlos-SP city, once the data were in a disaggregated way, it was necessary to use the TransCAD GIS software version 4.8 for organization, processing and analysis of these data. The overall result on the accessibility of this city's bus system, considering walking distance of users and overall income is that, in most areas the bus users have to walk up to 300m to access the bus transportation system and have a monthly basic income the order of three minimum wages. Another result was that almost 90% the stop points distance themselves from 200 to 300 meters. So, it can be concluded that this method could help municipal authorities to take decisions regarding future urban planning.

**Keywords:** urban public transportation, accessibility and GIS.

## 1 INTRODUÇÃO

---

*Este capítulo expõe as motivações que geraram este estudo e caracteriza o problema a ser resolvido. São apresentados, também, os objetivos, as justificativas e a estrutura desta dissertação.*

### 1.1 Caracterização do problema

A proposta desta pesquisa nasceu do conhecimento da existência de problemas que afetam o sistema de transporte público urbano, os quais urgem por soluções. A problemática com os transportes ocorre com o desenfreado aumento populacional e o descontrole do crescimento das cidades. As pessoas moram cada vez mais distantes dos locais em que exercem suas atividades, e a infraestrutura e os serviços de transportes não são capazes de acompanhar esse crescimento. A falta de planejamento urbano causa a diminuição na qualidade do serviço de transporte e, por consequência, afeta a qualidade de vida da população.

O Brasil possui um alto índice de desigualdade, sendo que a injustiça não é apenas de renda e de oportunidades, mas também de acesso aos serviços de transporte coletivo, ou seja, acesso aos serviços públicos essenciais. De acordo com a Pesquisa O-D realizada na Região Metropolitana de São Paulo no ano de 2002, a maioria dos brasileiros, usuários de transporte público possuíam uma renda familiar de 5 a 10 salários mínimos. Para a população que possuía renda familiar de até três salários mínimos mensais, as viagens a pé eram predominantes. Já para as famílias de renda mais alta, as viagens motorizadas eram realizadas com mais frequência, em média cinco vezes maior que as de classes mais baixas. A falta de poder aquisitivo das classes mais baixas fazia com que elas tivessem uma menor acessibilidade ao transporte e, por isso, eram mais prejudicadas, visto que suas

oportunidades de trabalho ficavam restritas à sua capacidade diária de caminhada, fato que as colocavam em posição de exclusão social (GOMIDE, 2006).

O grande aumento da população que mora em áreas urbanas leva as cidades a enfrentarem sérios problemas para fornecer um transporte público de qualidade e, por consequência, surgem alguns problemas, tais como: congestionamentos, acidentes, poluição do ar e sonora e a perda de qualidade de vida. Isso decorre do intenso uso do transporte individual que é mais atrativo que o transporte público urbano.

Para melhorar essa situação, é necessário oferecer um sistema de transporte público de qualidade. Assim, a proposta para a realização deste trabalho teve por motivação propor, utilizando um método de avaliação da acessibilidade, subsídios para uma melhor tomada de decisões e para um eficiente planejamento do transporte público. Esse método poderá contribuir para melhorias no sistema de transporte público por ônibus para a cidade de São Carlos-SP. O uso da geotecnologia do Sistema de Informação Geográfica – SIG - foi útil para o processo de organização, tratamento e avaliação das bases de dados, pois os dados utilizados neste estudo apresentavam-se de forma desagregada e vinculados à localização geográfica dos locais de estudo, que são: a localização dos pontos de ônibus e das residências dos usuários de transporte público por ônibus.

## 1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um método para avaliar a acessibilidade do sistema de transporte público por ônibus da cidade de São Carlos-SP, por meio de dados desagregados no SIG TransCAD versão 4.8, podendo ser aplicado em outras cidades.

Adicionalmente, os objetivos específicos desta dissertação são:

- Calcular a distância mínima de caminhada do usuário de sua residência até o ponto de parada mais próximo;
- Analisar a relação das distâncias médias mínimas de caminhada até os pontos de parada e a renda média mensal dos usuários de ônibus, por zona de tráfego;
- Calcular a distância entre pontos de parada, por zona de tráfego, e verificar se estão dentro das faixas usuais. Para o meio de transporte ônibus, espera-se que seja entre 200 a 600 metros.

## 1.2 Justificativa

De acordo com Krempi (2004), muitas cidades brasileiras não possuem serviço de transporte público urbano de qualidade e a acessibilidade é um dos fatores problemáticos. Os mais prejudicados são os moradores das áreas periféricas das cidades, pois devido às grandes distâncias de caminhada e aos precários serviços de transportes, esses usuários acabam por despender mais tempo nas viagens.

Segundo Rodrigues (2006), se o transporte coletivo urbano for de qualidade, poderá atender à população de baixa renda e contribuir para a redução do número de viagens realizadas por automóveis já que diminuirão o número de acidentes, os congestionamentos, a poluição e o consumo de combustíveis.

Do ponto de vista dos usuários de transporte público urbano, a acessibilidade é um dos principais problemas na qualidade do serviço (PILON e XAVIER, 2006). Logo, é importante propor medidas de melhoria, que de um lado, sejam capazes de adequar o sistema de transporte público às necessidades de seus usuários, na tentativa de diminuir o tempo de viagens, os congestionamentos e a emissão de poluentes e, de outro, aumentar as oportunidades e disponibilidades para que as pessoas possam vir a desenvolver suas atividades de uma forma melhor e mais rápida.

Como são raras as análises de acessibilidade que consideram os registros de viagens com base na localização exata da origem dos usuários, mesmo sendo coletados nas pesquisas Origem e Destino (O-D), pois geralmente esses dados se apresentam de forma agregada. Portanto, a realização deste estudo, se justifica por abordar os dados de forma desagregada para avaliar a qualidade do serviço de transporte público urbano da cidade de São Carlos-SP, e por, desenvolver um método para avaliar a acessibilidade (distância de caminhada), podendo contribuir para melhorias ao sistema público de transporte por ônibus nas cidades.

### 1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação desenvolve-se ao longo de nove capítulos, incluindo o de Introdução. Os capítulos 2, 3 e 4 apresentam um referencial teórico desta pesquisa. O quinto capítulo apresenta o método desenvolvido para a avaliação da acessibilidade do sistema de transporte público por ônibus, enquanto que no sexto é feita a aplicação desse método a um estudo de caso. No capítulo 7 se encontram os resultados obtidos pelas análises realizadas. As conclusões deste estudo e as recomendações para trabalhos futuros são apresentadas no capítulo 8 e ao final, o capítulo 9 disponibiliza as referências bibliográficas utilizadas para auxiliar o presente estudo. A Figura 1 representa a estrutura geral desta dissertação.

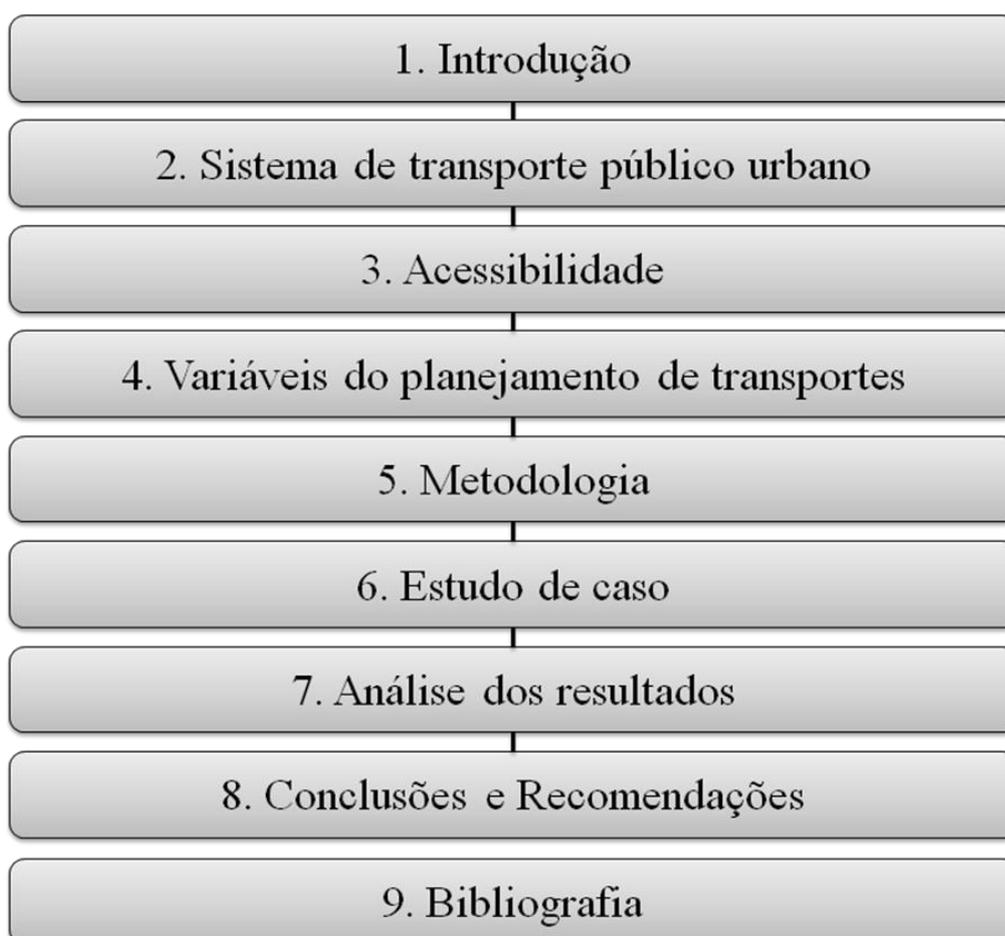


Figura 1- Estrutura geral deste trabalho.



## **2 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO**

---

*Apresenta-se neste capítulo um breve histórico sobre o transporte urbano e suas transformações decorrentes do crescimento das cidades. Ressalta-se a importância do transporte coletivo, destacando os fatores que influenciam na qualidade do serviço, os problemas causados pelo intenso uso do sistema de transporte individual e os desafios do transporte urbano atual.*

### **2.1 História do transporte urbano**

De acordo com Ferraz e Torres (2004), no passado o deslocamento das pessoas era realizado pelo modal a pé. Só a partir do século XVI, em Londres, surgiram as carruagens de aluguel puxadas por animais que foram os primeiros serviços de transporte urbano. Em 1662, o matemático francês Blaise Pascal organizou o primeiro serviço de transporte urbano e determinou os itinerários e os horários de linhas na cidade de Paris.

A partir do século XVIII, na França, surgiram os primeiros veículos de transporte tipo “omnibus” (carruagem longa), com capacidade para 10 a 20 passageiros, operando com diversas linhas em diversas cidades. O aparecimento do transporte público em várias cidades francesas decorreu da Revolução Industrial (FERRAZ e TORRES, 2004).

Na primeira metade do século XIX, em Nova York-EUA, surgiram os bondes puxados por animais, que apresentavam vantagens em relação ao “omnibus”, como exemplo, menor resistência ao movimento e o rodar mais suave sobre o trilho de aço. Em seguida, surgiram os bondes movidos a cabo, que possibilitaram maiores velocidades em relação ao bonde puxado por animais. Na cidade de Richmond, EUA surgiu a primeira linha do bonde elétrico, proporcionando menor custo de operação e maior segurança se comparado ao bonde movido a cabo e foi considerado o meio de transporte urbano mais utilizado no mundo (FERRAZ e TORRES, 2004).

Somente em 1890 os ônibus movidos a gasolina começaram a ser utilizados nas cidades da Alemanha, França e Inglaterra e, em 1905, estes tipos de veículos começaram a circular nos Estados Unidos. Em 1920, surgiram os ônibus movidos a óleo diesel e as rodas passaram a ser de câmaras de ar. A partir desse momento, o ônibus passou a substituir o bonde no transporte urbano e apresentou muitas vantagens, tais como: menor custo, pois não precisavam de subestação de energia, cabos elétricos e trilhos e maior confiabilidade, uma vez que a falta de energia não paralisava o sistema (FERRAZ e TORRES, 2004). A partir da Segunda Guerra mundial as indústrias de motores tiveram um grande crescimento o que propiciou um grande crescimento da indústria automobilística, caminhões, ônibus e tratores.

## **2.2 Crescimento das cidades**

O crescimento de uma cidade está relacionado com a evolução dos sistemas de transportes e a facilidade da troca de informações e produtos com outras localidades (FERRAZ e TORRES, 2004). Pode-se afirmar que quanto maior a cidade, maior a dependência dos habitantes das redes de infraestrutura de circulação para pleno acesso às suas atividades (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

As atividades comerciais, industriais e educacionais somente foram possíveis devido ao surgimento do transporte urbano, que é essencial para a qualidade de vida da população. No Brasil 80% dos habitantes utilizam sistemas de transporte urbano (FERRAZ e TORRES, 2004). Nossas cidades foram construídas, reformadas e adaptadas para o modelo de circulação, hoje considerado insustentável, pois foram implantadas no transporte motorizado, rodoviário e individual sem muitos investimentos no sistema de transporte público (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

O acelerado crescimento dos grandes centros urbanos do país distanciou as pessoas de suas principais atividades, em especial do local de trabalho. Esses distanciamentos provocaram maiores deslocamentos e a necessidade de utilizar diferentes modos de transporte. Como consequência para o sistema de transporte, houve um aumento do tempo médio de deslocamento e do custo, diminuição da segurança e conforto para os usuários, dificuldade para obter informações operacionais do sistema, aumento dos congestionamentos e da poluição do meio ambiente. Esses problemas têm contribuído para a redução do número de usuários do transporte público por ônibus (BATISTA, 2002).

A maioria das áreas urbanas de médio e grande porte possui algum tipo de transporte público urbano. As atividades econômicas, por exemplo, dependem do transporte público, pois é o modo mais utilizado por grande parte dos clientes e trabalhadores do comércio e da indústria. Também podem ser citadas as atividades sociais – recreativas, esportivas, religiosas etc. – pois grande parte das pessoas se desloca dessa forma, seja por necessidade ou preferência. Os transportes públicos urbanos de uma cidade proporcionam a facilidade de deslocamento de pessoas (FERRAZ e TORRES, 2004).

No Brasil, a população é de aproximadamente 195 milhões de habitantes, com uma densidade demográfica de 23 hab/km<sup>2</sup> e 86,53% da população residem em áreas urbanas (IBGE, 2010). Com a expansão da população, as cidades passam por uma série de problemas, tais como constantes congestionamentos, acidentes de trânsito, transportes públicos precários e número insuficiente de veículos para o

transporte de produtos e pessoas. Devido a esse crescimento, há a necessidade de serem ampliados o sistema viário, a oferta e melhorias no transporte público urbano (FERREIRA e HOTTA, 2007). Fazendo parte desta realidade, o município de São Carlos-SP possui uma área total de 1.141 km<sup>2</sup>, sendo 67,25 km<sup>2</sup> de área urbana sendo a 13.<sup>a</sup> maior cidade do interior do Estado de São Paulo em número de residentes (IBGE, 2010). Esta cidade é um importante centro regional industrial, com a economia fundamentada em atividades industriais e na agropecuária além de possuir sistema rodoviário e ferroviário.

Desde o século XIX, a partir do ano de 1872, o crescimento da população foi grande. Em 1874, São Carlos-SP possuía 6.897 habitantes e em 1881, aproximadamente 10.000 habitantes. No ano de 1886, com a imigração italiana, a população cresceu para 16.104 habitantes, e em 1899, contabilizava 10.396 imigrantes italianos, sendo a segunda maior imigração do Estado. A partir de 1950 o crescimento da população foi decorrente da industrialização e da migração de outras regiões do Estado e do país. Em decorrência, a partir de 1991, o crescimento demográfico vem sendo muito relevante e rápido.

### **2.3 Transporte público urbano**

Desde 1990, os sistemas de transporte público de passageiros das cidades brasileiras têm passado por uma crise, que vem causando uma redução na receita fiscal e aumento dos custos, que pode ser resultado do crescimento urbano, do aumento dos congestionamentos e do grau de exigência dos usuários por um transporte de qualidade, de maior frequência e acessibilidade (HENRIQUE, 2004).

Atualmente, 920 municípios brasileiros com mais de 30 mil habitantes possuem sistema de transporte público, ou seja, os serviços estão disponíveis para mais de 120 milhões de brasileiros, sendo considerado um sistema essencial para a população, pois, cerca de 40% dos deslocamentos para o trabalho e para a saúde são feitos com o transporte público (ANTP, 2002).

O ônibus é o principal modo de transporte público de passageiros das cidades brasileiras, sendo que nas grandes cidades do Brasil e nos países desenvolvidos o outro modo de transporte público muito utilizado é o metrô. No Brasil, a frota de ônibus é considerada uma das maiores do mundo, com cerca de 120 mil veículos, além dos 2.500 vagões de metrô e trens urbanos (ANTP, 2002).

Segundo Ferraz e Torres (2004), são doze os principais fatores que influenciam na qualidade do transporte público urbano:

- i. *Acessibilidade*: facilidade de chegar ao local de embarque e de sair do local de desembarque até alcançar o destino final da viagem. Está associada à comodidade nos percursos à pé.
- ii. *Frequência de atendimento*: está relacionada ao intervalo de tempo da passagem dos veículos e tempo de espera nos locais de paradas.
- iii. *Tempo de viagem*: corresponde ao tempo gasto dentro do veículo e depende da velocidade média de transportes e da distância percorrida entre os locais de embarque e desembarque.
- iv. *Lotação*: quantidade de usuários dentro dos veículos.
- v. *Confiabilidade*: horários regulares (sem atrasos) e garantia que a viagem vai se realizar.
- vi. *Segurança*: acidentes e violência nos veículos e nos pontos de paradas.
- vii. *Características dos veículos*: tecnologia e estado de conservação dos veículos.
- viii. *Características dos locais de parada*: sinalização adequada, coberturas e assentos.
- ix. *Sistema de informações*: informações sobre horários e itinerários das linhas nos pontos de paradas e no interior dos veículos.
- x. *Conectividade*: facilidade de deslocamento dos usuários entre dois locais da cidade.
- xi. *Comportamento dos operadores*: comportamento dos motoristas, habilidade e cuidado na condução dos veículos e tratamento aos passageiros com respeito.

- xii. *Estado das vias*: qualidade da superfície de rolamento, sinalização adequada da via garantindo segurança e conforto aos passageiros.

A Tabela 1 apresenta os padrões de qualidade do serviço de transporte público por ônibus do ponto de vista dos usuários como um serviço de qualidade boa, regular e ruim (FERRAZ e TORRES, 2004). O fator da acessibilidade que está em destaque na tabela será utilizado para análises dos resultados.

Tabela 1- Padrões de qualidade para o transporte público por ônibus.

<b>Fatores</b>	<b>Parâmetros de avaliação</b>	<b>Bom</b>	<b>Regular</b>	<b>Ruim</b>
<b>Acessibilidade</b>	Distância de caminhada no início e no fim da viagem (m)	<300	300-500	>500
<b>Frequência de atendimento</b>	Intervalo entre atendimentos (min.)	<15	15-30	>30
<b>Tempo de viagem</b>	Relação entre o tempo de viagem por ônibus e por carro	<1,5	1,5-2,5	>2,5
<b>Lotação</b>	Taxa de passageiros em pé (pass/m <sup>2</sup> )	<2,5	2,5-5,0	>5,0
<b>Confiabilidade</b>	Adiantamento maior que 3 min. ou atraso acima de 5 min (%)	<1,0	1,0-3,0	>3,0
<b>Segurança</b>	Índice de acidentes (acid/100 mil km)	<1,0	1,0-2,0	>2,30
<b>Características dos ônibus</b>	Idade e estado de conservação	Menos de 5 anos	Entre 5 e 10 anos	Outras situações
	Número de portas e largura do corredor	3 portas e corredor largo	2 portas e corredor largo	Outras situações
	Altura dos degraus	Pequena	Deixa a desejar	Grande
	Aparência	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória
<b>Características dos locais de parada</b>	Sinalização	Em todos	Falta em alguns	Falta em muitos
	Cobertura	Na maioria	Falta em muitos	Em poucos
	Bancos	Na maioria	Falta em muitos	Em poucos
	Aparência	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória
<b>Sistema de informações</b>	Folhetos	Sim	Sim, porém precário	Não existem
	Pontos de paradas	Sim	Sim, porém precário	Não existem
	Telefone	Sim	Sim, porém precário	Não existem
<b>Conectividade</b>	Transbordos (%)	<15	15-30	>30
	Integração física	Sim	Sim, porém precário	Não existem
	Integração tarifária	Sim	Não	Não
	Tempo de espera nos transbordos (min.)	<15	10-30	>30
<b>Comportamento dos operadores</b>	Dirigir: habilidade e cuidado	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória
	Respeito	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória
<b>Estado das vias</b>	Vias pavimentadas e com sinalização adequada	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória

Fonte: Adaptada de Ferraz e Torres (2004)

As cidades brasileiras realizam 200 milhões de deslocamentos por dia, sendo que metade das viagens é realizada pelo modal a pé e por bicicleta e a outra metade por meios motorizados. Dessas viagens motorizadas, 60% são feitas por transporte público, sendo que os ônibus transportam 94% de todos que utilizam o transporte público, aproximadamente 5% são realizados por metrô e trens e o restante é realizada por barcas (ANTP, 2002).

## **2.4 Transporte Público x Transporte Individual**

Segundo Prado e Passini (2003), a necessidade de se locomover é cada vez mais intensa e as inovações tecnológicas possibilitaram essa movimentação alcançar altas velocidades, em menor tempo e de forma mais articulada. De forma contraditória, devido ao estrangulamento das vias de circulação das nossas cidades, as pessoas são obrigadas a ficarem nos veículos por muito tempo por causa das lentidões e dos congestionamentos.

O Brasil vive uma crise no transporte público urbano, com diminuição no número de passageiros nos ônibus urbanos. A maioria da população que usa o ônibus fica parada no trânsito e os custos das tarifas aumentam (ANTP, 2002). Essa queda é causada, não só pela falta de qualidade dos serviços, mas também pela facilidade de se adquirir um automóvel/ moto e pela ação de transportadores ilegais (ANTP, 2002).

Os usuários têm demonstrado que preferem utilizar o transporte individual por apresentar maior atrativo se comparados ao transporte público, ou seja, maior flexibilidade no tempo e no espaço, deslocamento porta-a-porta, conforto, privacidade e, além disso, oferece status ao proprietário. Porém, o intenso uso do transporte individual resulta em problemas, tais como congestionamentos, acidentes de trânsito, poluição do ar e sonora e a perda da qualidade de vida (HOTTA, 2007).

De acordo com Ministério das Cidades (2007), a ANTP, o BNDES e o Ministério das Cidades (2003) apresentaram o consumo de energia, a emissão de poluentes e o custo de acidentes devido ao uso intenso do transporte individual para cidades com mais de 60 mil habitantes:

- *Energia*: 10,7 milhões de TED (Tonelada Equivalente de Petróleo) por ano, sendo 75% consumido no transporte individual e 25% no transporte coletivo na realização da mobilidade urbana.
- *Emissão de poluentes*: a poluição produzida pelo transporte individual custa à sociedade o dobro da produzida pelo transporte público. Esse custo atinge um total de 4,5 bilhões de reais por ano, ou seja, R\$ 41,80 por habitante.
- *Acidentes*: 4,9 bilhões de reais por ano, ou seja, R\$ 45,89 por habitante.

Para amenizar essa crise na circulação, precisaria ser incentivado o uso do sistema de transporte coletivo, o qual, para ser atrativo, deve ser oferecido um serviço de qualidade. De acordo com Zarattini (2003) apud Hotta (2007), o trajeto percorrido pelos ônibus demora 2,3 vezes mais que o automóvel e, frequentemente, o usuário do transporte público por ônibus precisa caminhar longas distâncias até o local de embarque e esperar muito tempo pela passagem do veículo, que muitas vezes estão lotados, o que torna a viagem desconfortável e não atraente.

Segundo Ferraz e Torres (2004), devido ao uso intenso do automóvel, muitas cidades têm implementado medidas para diminuir o uso de veículos particulares nas viagens urbanas. Algumas ações são:

- Melhorar o transporte público coletivo (implantação de linhas de metrô ou ônibus com novas tecnologias);
- Oferecer serviço de transporte público de qualidade superior para os usuários viajem de maneira mais confortável e rápida;
- Conseguir benefícios à tarifa tornando-a mais acessível;

- Priorizar o transporte público nas vias (diminuição do tempo de viagem e redução do preço);
- Realizar rodízio dos veículos nos dias úteis da semana;
- Cobrar tarifação viária por meio de pedágios para veículos que passam na região central das cidades;
- Proibir o acesso de automóveis em determinados locais da área central das cidades;
- Incentivar a integração automóvel-transporte público, criando estacionamentos com tarifas baixas ou até gratuitos junto às estações e terminais de transporte público;
- Incentivar o transporte à pé e por bicicleta (calçadas adequadas, semáforos para pedestres, passarelas para pedestres, ciclovias e estacionamentos para bicicletas);
- Proibir de estacionamento em vias com grande movimento;
- Aumentar o preço dos estacionamentos nas vias públicas centrais;
- Conscientizar a população da importância de utilizar o transporte público e a bicicleta ao invés do automóvel nas viagens por motivo de trabalho ou estudo.

As cidades nasceram para suprir as necessidades e desenvolvem-se para o bem estar do homem. Assim, o sistema de transporte urbano deve valorizar os modais que permitem o contato entre as pessoas e a natureza. É necessário priorizar o transporte público, o trânsito de pedestres e as bicicletas, sem impedir o uso do transporte particular. O transporte urbano adequado é aquele que possui um sistema balanceado, ou seja, um sistema multimodal integrado com os diversos modos utilizados de maneira racional, incentivo ao uso do sistema de transporte público, da bicicleta e do modo a pé e restrição e/ou desincentivo ao uso do transporte particular (FERRAZ e TORRES, 2004).

## 2.5 Desafios do transporte urbano

O transporte público é definido pela constituição brasileira como um serviço essencial. O sistema de transporte precisa ser de qualidade e eficiente para atender aos usuários, sendo necessário implantar algumas medidas de melhorias, como por exemplo, treinar os condutores e colaboradores, melhorar a qualidade dos veículos e os pontos de paradas, garantir a circulação livre nas vias, ser acessível a todos e promover a inclusão da população de baixa renda e os que têm maiores dificuldades de acesso (crianças, idosos e portadores de deficiência) eliminando as barreiras físicas nos veículos e nas vias. Utilizar os corredores exclusivos para que os ônibus desenvolvam maiores velocidades e cobrar tarifas menores (ANTP, 2002).

Para amenizar a situação caótica das cidades brasileiras e diminuir a necessidade do transporte individual é preciso um grande esforço político para posicionar o transporte público como a única alternativa viável para estruturar o desenvolvimento futuro das cidades. Destacam-se como desafios do transporte público as seguintes ações (ANTP, 2010):

- Mobilizar os aliados e a opinião pública para priorizar o Sistema de Transporte Público em termos financeiros e operacionais;
- Reconquistar a confiança não só dos usuários, mas também das entidades civis e empresariais e da classe política, pois o transporte público vem perdendo prestígio. Para reverter essa situação, é necessário apresentar as vantagens do transporte público e a importância no desenvolvimento urbano no país;
- Melhorar a qualidade do serviço, garantindo um espaço adequado para o transporte público. Essa melhoria deve ser realizada em todas as áreas, ou seja, na melhoria dos veículos, na capacitação dos operadores, no atendimento, na integração e na informação ao usuário;
- Aumentar a eficiência da operação, ou seja, a atratividade e a confiabilidade do sistema dependerão das condições operacionais (condições de circulação), do

espaço viário e condições de trânsito adequado (faixas e vias exclusivas com sistemas de sinalização);

- Garantir tarifas suportáveis e reduzir os custos para o acesso dos usuários ao sistema;
- Conquistar novos públicos para o sistema, com necessidade de melhoria da qualidade e da eficiência da operação. Oferecer serviços diversificados e adaptados a públicos com necessidades específicas.

A Política Nacional de Transporte Público Urbano é essencial para melhorar a qualidade de vida das cidades e da economia e garantir melhores condições de deslocamentos de pessoas e mercadorias. A Associação Nacional dos Transportes Públicos (ANTP) propôs o Projeto Transporte Humano (PTH), compatível com a proposta da Política Nacional de Transporte Urbano para reorganização do espaço urbano e do transporte urbano do país.

O modelo de transporte urbano e o desenvolvimento econômico têm agravado as condições de circulação nas cidades diminuindo a qualidade de vida. A eficiência da economia brasileira, a capacidade de atrair novos investimentos e gerar empregos dependerá do funcionamento adequado do sistema de transporte urbano e da circulação de pessoas e mercadorias.

### 3 ACESSIBILIDADE

---

*Neste capítulo apresenta-se a importância da acessibilidade, sua influência e qualidade no sistema de transporte público. Alguns conceitos e definições sobre acessibilidade são abordados. Ao final, apresenta-se a dificuldade em oferecer um sistema acessível a todos os usuários e a variável utilizada para se medir a acessibilidade neste estudo.*

Para que a cidade seja acessível, com autonomia e segurança à população, é preciso um sistema de transporte acessível e uma infraestrutura adequada, diminuindo as dificuldades de se chegar a um destino, aumentando as oportunidades de usufruir a cidade e facilitando o acesso ao trabalho, escola, lazer e saúde a todos. Ao avaliarmos as nossas cidades, percebe-se uma série de problemas, tanto na infraestrutura quanto na qualidade do serviço, que provoca uma redução da acessibilidade (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006).

O principal meio de deslocamento para a maior parte da população é o transporte público, como já apresentado no capítulo anterior. A acessibilidade era analisada apenas pelas instalações de elevadores no ônibus para deficientes, o que impedia uma análise mais abrangente do problema, ignorando outras necessidades existentes. Portanto, 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 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

Existem muitos problemas enfrentados pelas pessoas no cotidiano, como por exemplo, dificuldades para atravessar a rua, subir rampas e acessar o sistema de transporte. Existem inúmeros obstáculos que impedem o acesso, e que muitas vezes são imperceptíveis, mas que dificultam a vida do usuário (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006).

Um dos mais importantes fatores que afetam a utilização do transporte público é a acessibilidade no que diz respeito à capacidade que os usuários têm para atingir as instalações do transporte público, incluindo pontos de paradas de ônibus e estações de trem (ZHAO, LI e CHOW 2002). Portanto, é fundamental uma revisão dos principais conceitos e definições dessa variável para que seja possível um razoável conhecimento sobre ela.

Não existe uma definição padrão para acessibilidade. Ela é definida e operacionalizada de várias maneiras, assumindo uma variedade de significados. No campo específico de transportes, as utilizações e as definições também variam consideravelmente (CHALLURI, 2006).

O conceito de acessibilidade não é recente, mas é considerado um conceito moderno utilizado para definição de deficiências e restrições às locomoções. Acessibilidade é derivada do latim “*accessibilitate*”, 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 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006). De acordo com Raia (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.

Melo (1975) e Henrique (2004), em um contexto mais amplo, define que 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. Assim sendo, 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 (FERRAZ, 1999).

De acordo com Litman (2003), a acessibilidade basicamente é a descrição da capacidade que um indivíduo tem para alcançar seus bens, serviços, atividades e destinos, ou seja, suas oportunidades.

Outra definição de acessibilidade é entendê-la como um processo de obter igualdade de oportunidades e participação no desenvolvimento social e econômico do país para a sociedade e para as pessoas com alguma deficiência (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006).

Challuri (2006) define de forma simples, que acessibilidade é adequação do transporte público no sentido de facilitar a viagem entre duas localidades, levando em conta o tempo. A distância é um dos fatores mais importantes na utilização do transporte público.

Análises realizadas em várias pesquisas indicam que a acessibilidade diminui com o aumento da distância e conseqüentemente a qualidade do serviço diminui. De acordo com Zhao, Li e Chow (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. Ele destaca que a adequação ao acesso para o sistema de transporte público atrairá mais pessoas ao sistema. A distância a ser percorrida a pé, considerada aceita para o usuário, é cerca de 400 m (DEMETSKY and LIN, 1982).

Para Ferraz e Torres (2004), a qualidade do transporte público em relação à acessibilidade do ponto de vista dos usuários, foi caracterizada como um serviço de qualidade boa, regular e ruim, de acordo com a Tabela 1 apresentada no capítulo anterior. Além da acessibilidade existem outros parâmetros de desempenho como a conveniência, o conforto, a confiabilidade, a segurança e o custo do serviço ofertado que refletem na percepção do usuário em relação à qualidade do serviço ofertado.

De acordo com o Projeto de Lei nº 1.687/2007, a acessibilidade é a facilidade em distância, tempo e custo, de alcançar com autonomia, os destinos desejados na cidade. Deve-se atentar na ampliação da acessibilidade física nos transportes, pois pode gerar algumas barreiras, como o aumento descontrolado dos custos de implantação e operação, que no caso do sistema de transporte coletivo urbano pode causar um aumento na tarifa e conseqüentemente uma exclusão social da população de baixa renda (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

O cenário geral do sistema de transporte público urbano das cidades brasileiras, em relação à acessibilidade, é caracterizado de acordo com o Ministério das Cidades (2006) por:

- Muitas barreiras físicas, impedindo o deslocamento de pessoas com alguma deficiência;
- Não garantir acesso a toda cidade;
- Infraestrutura de embarque e desembarque inadequada para pessoas com alguma deficiência;
- Inexistência de política pública e estratégias globais para um sistema de transporte acessível a todos;
- Precariedade nos sistemas de comunicação, sinalização e de comunicação aos usuários;
- Elevado tempo de embarque e desembarque de passageiros de cadeira de roda, pois não possui um sistema de alta tecnologia;
- Profissionais pouco qualificados que são responsáveis pela interferência no meio urbano.

Não é simples resolver problemas do sistema de transporte público quanto à acessibilidade, pois existe uma heterogeneidade das necessidades individuais, entendimento dos requisitos da solução integrada e pela 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 se pensar em um sistema que trate as

diferenças, as exceções e as particularidades, garantindo direitos iguais e tentando a redução de barreiras até a sua eliminação total (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006).

Neste estudo, a acessibilidade será a medida de avaliação da qualidade do serviço de transporte em relação ao acesso do sistema, com base na distância de caminhada da residência do usuário de ônibus até o ponto de parada mais próximo e as distâncias entre os pontos de parada. Essas distâncias serão avaliadas de acordo com os padrões estabelecidos por Ferraz e Torres (2004).

## 4 VARIÁVEIS DO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

---

*Neste capítulo apresenta-se uma revisão de algumas variáveis utilizadas em modelos de planejamento de transportes, consideradas importantes para a realização deste estudo.*

### 4.1 Pesquisa de campo

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 umas das primeiras etapas deste processo. Esses dados depois de coletados precisam ser analisados com muito rigor para ser possível a obtenção de dados confiáveis e representativos em qualidade e quantidade da região em estudo. (TEIXEIRA, 2003).

No processo de obtenção de dados para planejamento de transportes, Melo (1975) afirma haver necessidade de grande quantidade de informações, não só as relacionadas com os próprios sistemas de transportes, mas também aquelas associadas às questões socioeconômicas. Essa obtenção pode ser facilitada pela existência de dados já publicados, porém em alguns casos há necessidade de uma nova coleta no próprio local de estudo. A pesquisa de campo é o método mais aplicado no planejamento de transportes.

Um bom exemplo no planejamento de transportes é a Pesquisa Origem e Destino, também conhecida por “Pesquisa O-D”, a qual tem por objetivo coletar dados e informações dos deslocamentos segundo as origens, os destinos, os motivos e os modos de transporte em uma região. 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, aí incluída sua situação socioeconômica (RODRIGUES DA SILVA, 2008).

Os dados obtidos por uma Pesquisa O-D precisam ser tratados para identificar quais informações podem ser utilizadas. Esses dados precisam ser selecionados, cruzados e consolidados, sendo que alguns dados possuem características espaciais. Raia Jr. (2000) cita como exemplo de dados que apresentam características espaciais a acessibilidade, que para o cálculo da maioria de suas medidas em um SIG, é necessário a utilização de bases de dados digitais e georreferenciadas, como por exemplo, os que contêm dados sobre as linhas de ônibus, os pontos de ônibus e as vias da cidade em estudo.

Devido à disponibilidade da Pesquisa O-D de 2007/2008, realizada na cidade de São Carlos-SP, optou-se por utilizá-la como uma das fontes de dados para o desenvolvimento deste trabalho. Outra variável utilizada neste estudo é a base de dados dos setores censitários do IBGE 2000.

#### **4.1.1 Pesquisa origem-destino da cidade de São Carlos-SP**

A Pesquisa O-D de São Carlos-SP contêm uma série de dados relevantes para este estudo. Portanto, a seguir são apresentados a metodologia e esses dados extraídos do trabalho de Rodrigues da Silva (2008).

Primeiramente, foi delimitada a área de estudo com intuito de analisar a cidade de São Carlos-SP, identificando as regiões em que seriam feitas as Pesquisas O-D, englobando todos os movimentos que ocorrem na área urbana e em futuras áreas com potencial de crescimento e desenvolvimento. Em seguida, foi feita uma subdivisão da área de estudo delimitada anteriormente em subáreas. Essa subdivisão foi feita segundo um critério, dentre as variáveis que são consideradas, como por exemplo, o uso do solo, os setores censitários, a renda, possíveis obstáculos topográficos, presença de infraestruturas existentes na cidade ou até mesmo características ambientais.

A subdivisão foi baseada em setores determinados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE- 2000 como mostra a Figura 2 que, a partir dessas subdivisões, foi necessária a codificação dessas zonas para inserir dados em ambientes computacionais.



Figura 2- Cidade de São Carlos-SP subdividida em setores censitários, segundo os critérios do IBGE-2000.

Existem várias formas de se realizar uma Pesquisa O-D, sendo que as mais usuais são: entrevista domiciliar, entrevista telefônica, entrevista por meio da Internet, pesquisa de cordão externo (*Cordon-line*), pesquisa de cordão interno (*Screen-line*), pesquisa embarcada, pesquisa do tipo “sobe-desce”, pesquisa baseada em carregamento e pesquisa baseada em atividades diárias.

As formas de Pesquisa O-D adotadas em São Carlos-SP foram a entrevista domiciliar e a pesquisa baseada em atividades diárias. Junto ao SAAE/São Carlos-SP foram obtidas as informações cadastrais contendo uma base de pontos, referentes ao cadastro dos hidrômetros. Destes foram selecionados somente os situados em domicílios. Foram selecionados aleatoriamente 6% dos domicílios para serem entrevistados, sendo que 5% foram definidos para a entrevista domiciliar e 1% à pesquisa baseada em atividades diárias. A Figura 3 ilustra a posição da amostra de 6% dos domicílios que fizeram parte da coleta de dados da Pesquisa O-D.

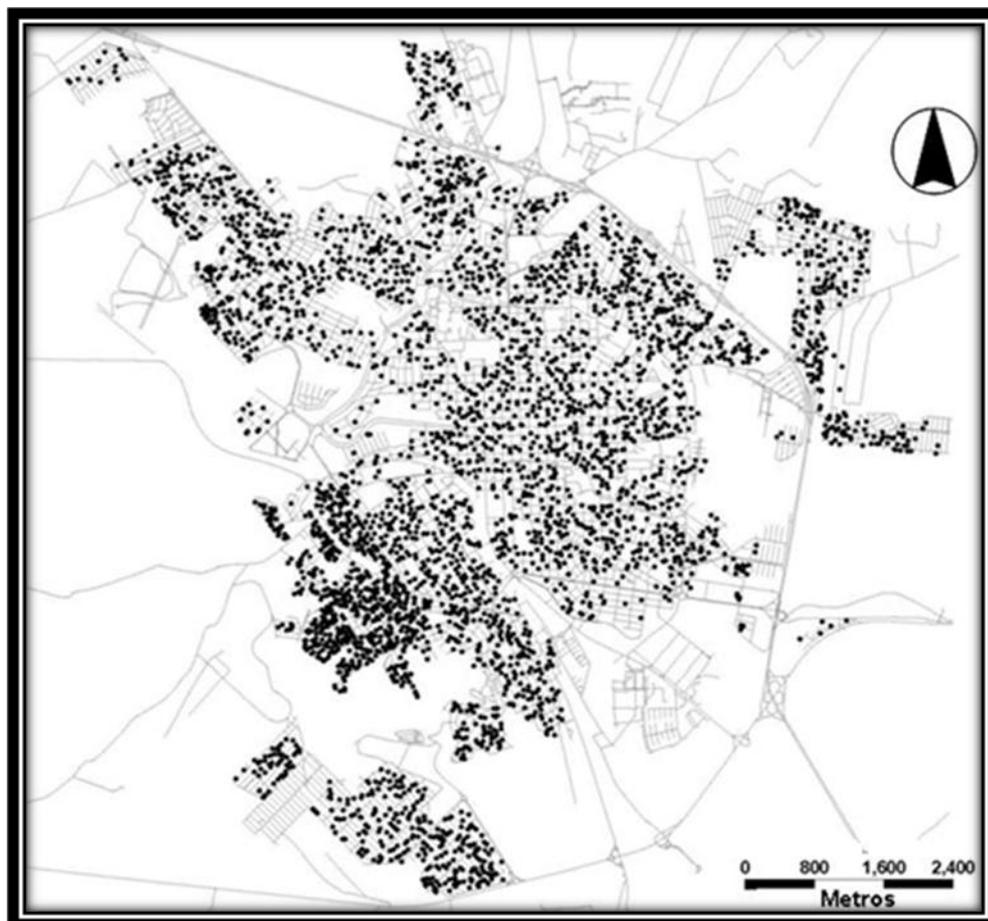


Figura 3- Base de pontos dos domicílios da cidade de São Carlos-SP em uma amostra de 6%.

Foi realizada também uma pesquisa *Cordon-line* para selecionar todos os acessos rodoviários da cidade e uma pesquisa *Screen-line* para a marcação de alguns pontos em vias principais da cidade e pontos de passagem de ferrovia existente na cidade.

As coletas de dados dessa pesquisa ocorreram nos seguintes períodos: 13 a 29 de junho de 2007; 08 de agosto a 07 de dezembro de 2007 e 02 de abril a 27 de junho de 2008. Evitaram-se os períodos de férias escolares, já que esses períodos alteram as programações diárias de viagens dos domicílios (RODRIGUES DA SILVA, 2008).

Outra etapa importante foi a criação de um banco de dados para as pesquisas de *Screen-line*, *Cordon-line*, entrevista domiciliar e diários de atividades. Depois de reunir todas essas informações necessárias para a Pesquisa O-D, os dados coletados foram tabulados, com o objetivo de realizar as análises exploratórias dessas informações. Foram encontrados que 96,5% do total de domicílios amostrados puderam ser considerados material válido, sendo 3123 entrevistas domiciliares, realizadas com 10085 moradores e 624 pesquisas baseadas em atividades diárias, referentes a 1718 moradores entrevistados.

Apresenta-se a seguir, os resultados das análises dos dados coletados:

- **Características dos domicílios:** as variáveis analisadas foram: número de automóveis, número de motocicletas, condição de moradia e consumo de energia elétrica.
  - Automóvel: 59% da população possui pelo menos um.
  - Motocicletas: 17% da população possui pelo menos uma.
  - Condição de moradia: 72% da população possui casa própria.
  - Consumo de energia elétrica: 30% dos domicílios têm um gasto mensal que varia de R\$50,00 a R\$ 74,99.
- **Características dos moradores:** as variáveis analisadas foram: sexo, carteira de habilitação, condição de atividade, grau de instrução e condição de renda.
  - Sexo: 48% da população é de homens e 52% da população é de mulheres.
  - Carteira de habilitação: 43% da população possui carteira.
  - Condição de atividade: 34% da população trabalha, 20% são estudantes, 18% são aposentado-pensionistas e o restante da população se enquadra nas categorias ocupado eventualmente, não ocupado, nunca trabalhou e não informado.
  - Grau de Instrução: 7% não alfabetizado, 4% pré-escola, 29% da população possui ensino fundamental incompleto e 12% completo, 9% da população médio incompleto e 24% completo e 5% da população superior incompleto e 8% completo.

- Renda: 43% das mulheres e 25% dos homens não possuem renda. E 23% dos homens recebem de 0 a 2 salários mínimos.

- **Características das viagens:** a pesquisa catalogou 19784 viagens e foi considerado que viagem é qualquer deslocamento percorrido pelo indivíduo, cuja distância seja maior que 300m, ou cujo motivo seja trabalho ou estudo. A Tabela 2 mostra a distribuição das viagens realizadas pela população quanto ao motivo e ao modo mais utilizado encontrados nas entrevistas domiciliares e nas pesquisas baseadas em atividades diárias.

Tabela 2- Distribuição das viagens quanto ao motivo e ao modo.

	<b>Entrevista Domiciliar (%)</b>	<b>Atividades Diárias (%)</b>
<b>Motivo</b>		
Retorno para casa	45	48
Trabalho	21	25
Estudo	17	14
<b>Modo</b>		
A pé	29	32
Automóvel	26	26
Ônibus	16	17

A Tabela 3 apresenta a distribuição das viagens realizadas pela população quanto ao motivo e ao modo mais utilizado encontrados na pesquisa Screen-line e Cordon-line.

Tabela 3- Distribuição das viagens quanto ao motivo e ao modo.

	<b>Screen-line e Cordon-line (%)</b>
<b>Motivo</b>	
Trabalho	47
Residência	19
Motivos pessoais e compras	15
Estudo	7
<b>Modo</b>	
Automóvel	83
Ônibus	15

## **4.2 Base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**

Uma das fontes de dados socioeconômica mais confiável no Brasil é a base de dados disponibilizada pelo IBGE, tanto em qualidade quanto em continuidade. As fontes de publicação desses dados são subdivididas em Bases de Informações por Setor Censitário (BIS) e Micro dados da Amostra que contém informações demográficas, sociais e econômicas muito utilizadas para o planejamento de transportes. As informações sobre estrutura familiar, grau de instrução dos moradores, dados do domicílio e dados específicos sobre o chefe da família podem ser encontrados na BIS de forma agregada, protegendo o sigilo do cidadão (TEIXEIRA, 2003).

O Censo Demográfico 2000 abrangeu todas as pessoas residentes em domicílios do Território Nacional. O primeiro arquivo agregado por setor surgiu no Censo Demográfico 2000, que na primeira edição apresentou 527 variáveis sobre as características dos domicílios, dos seus responsáveis e das pessoas residentes. A segunda edição do arquivo foi gerada a partir dos micro dados do universo do Censo 2000 e é formada por 21 planilhas MS-Excel para cada Unidade da Federação, representando um total de mais de 3000 variáveis que correspondem as características dos domicílios, dos responsáveis e das pessoas residentes (IBGE, 2003).

### **Segundo o IBGE, 2003**

[...] Base Territorial é a denominação dada ao sistema integrado de mapas, cadastros e bancos de dados, construído segundo métodos que objetivam dar organização e sustentação espacial às atividades de planejamento operacional, coleta e apuração de dados e divulgação de resultados do Censo Demográfico 2000, além de assegurar a completa cobertura do Território Nacional.

Pela Internet, é possível ter acesso às tabelas disponibilizadas pelo IBGE que contêm os dados das características da população (sexo, idade, alfabetização, situação do domicílio e relação com a pessoa responsável pelo domicílio), das pessoas responsáveis pelo domicílio (sexo, idades, anos de estudo e rendimento

mensal) e do próprio domicílio (espécie e tipo do domicílio, condição de aquisição do domicílio e ocupação do terreno, média de moradores, forma de abastecimento de água, existência de banheiro, tipo de esgoto e destino do lixo).

O censo do ano 2000 considerou que a unidade territorial criada para o controle cadastral da coleta foi o setor censitário, sendo que o território nacional foi dividido em 215811 setores. O Sistema Cartográfico elaborado exclusivamente para esses fins estatísticos foi composto por três tipos de mapas (IBGE, 2003):

- Mapas Municipais: elaborados em escalas topográficas, apresentam a cobertura completa do município, a divisão distrital e os setores rurais.
- Mapas de Localidade: elaborados em escalas cadastrais, apresentam a cobertura completa das cidades e vilas, as divisões interurbanas e os setores urbanos.
- Mapas dos Setores Censitários: mapas individuais em escalas diversas.

Esses mapas foram construídos utilizando-se tecnologia digital e é o primeiro acervo digital de cobertura nacional produzido pela instituição. A malha do setor censitário está disponível nos formatos “agf” e “shape”, em CD-ROM, em escala variando de 1:5000 a 1:10000, projeção cartográfica, Universal Transversal de Mercator – UTM no elipsoide SAD-69 (IBGE, 2003).

## 5 MÉTODO PROPOSTO

---

*Neste capítulo serão apresentados inicialmente os objetivos específicos desta dissertação que possibilitaram a criação do método. Posteriormente, são apresentadas as etapas do desenvolvimento do método proposto nesta dissertação.*

O método deste trabalho foi desenvolvido com base nos objetivos específicos desta dissertação e são apresentados de forma resumida: calcular as distâncias mínimas reais de caminhada do usuário de transporte público até o ponto de ônibus mais próximo e as distâncias entre pontos de parada e analisar a relação socioeconômica existente nas 41 zonas de tráfego da cidade de São Carlos-SP.

Uma vez estabelecidos os objetivos específicos, foi necessário estabelecer as fontes de dados que foram utilizadas nesta dissertação. De acordo com o que foi apresentado no capítulo anterior, a pesquisa domiciliar é uma das formas de coleta de dados mais utilizadas no planejamento de transportes. Devido à disponibilidade da Pesquisa O-D realizada entre os anos 2007/2008 em São Carlos-SP, optou-se por utilizá-la como uma das fontes de dados para a realização deste estudo. Também foram utilizados os dados censitários do IBGE 2000 (renda mensal dos responsáveis) e os dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Transportes e Trânsito (SMTT) da cidade de São Carlos-SP (dados da localização dos pontos de ônibus).

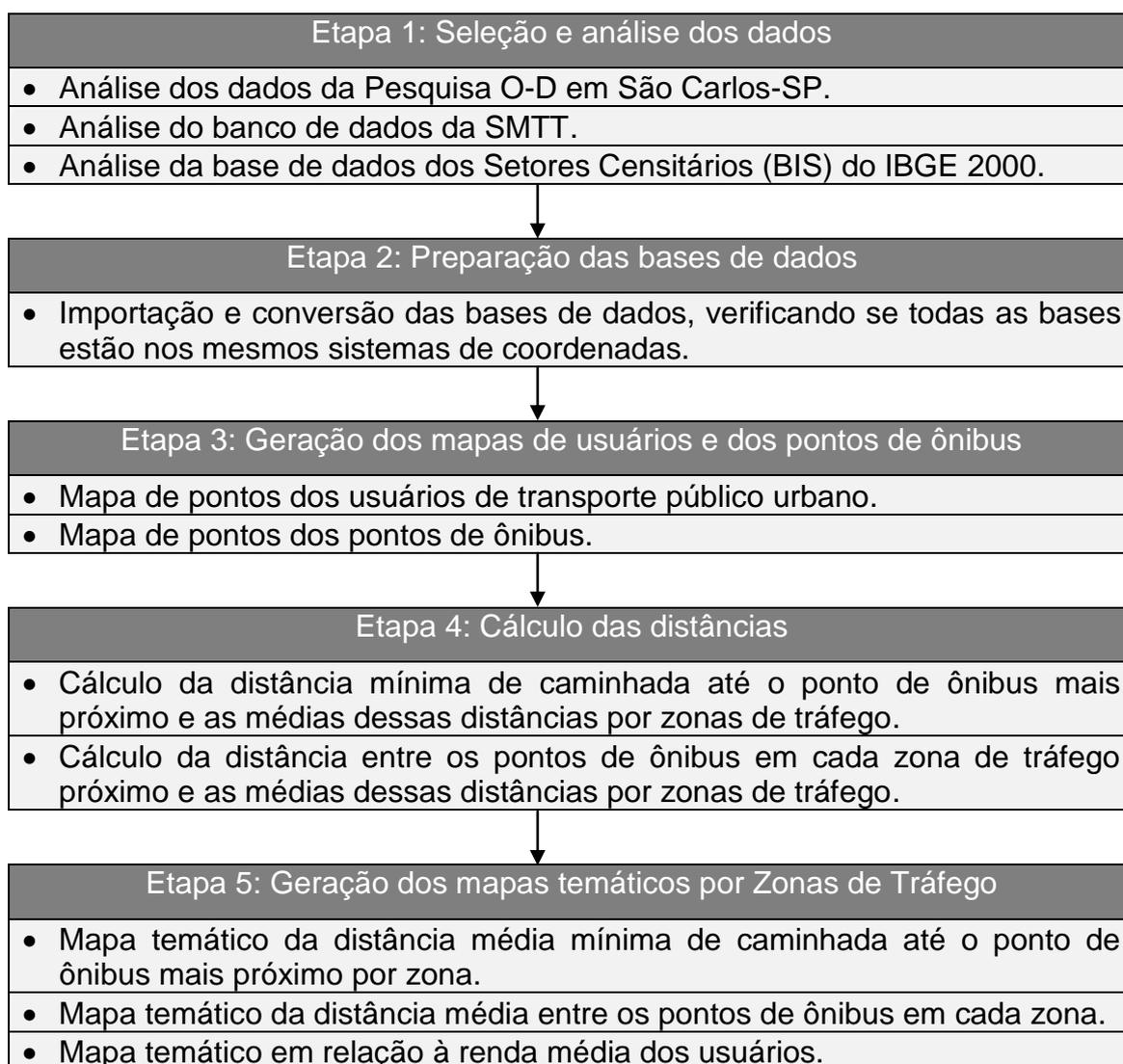
É relevante ressaltar que todos os dados obtidos nestes tipos de pesquisas precisam ser tratados para identificar quais informações podem ser úteis para o trabalho a ser desenvolvido. Posteriormente, com os dados já selecionados para o estudo, podem ser importados para um SIG e iniciar as primeiras etapas deste estudo.

Portanto, este trabalho propõe elaborar um método de avaliação da qualidade do serviço, utilizando o fator da acessibilidade, representada pela distância mínima real de caminhada do usuário do sistema de transporte público até o ponto de parada mais próximo de sua residência, sem levar em conta que nem sempre o usuário utiliza o ponto de parada mais próximo, pois depende do motivo da sua viagem e quais linhas passam por aquele ponto. Outro fator verificado é o das distâncias entre os pontos de parada, analisando se esses pontos distanciam-se dentro das faixas consideradas usuais. As distâncias de caminhada do usuário até o ponto de ônibus mais próximo, as distâncias entre os pontos de parada e a análise da renda dos usuários foram analisados dentro das 41 zonas de tráfego.

A seção a seguir apresenta a estrutura geral e a sequência de procedimentos necessários ao método proposto e explicação detalhada de cada etapa.

## 5.1 Estrutura

Apresenta-se a seguir a estrutura geral do método proposto, composta de cinco etapas.



## **5.2 O Método proposto**

### **5.2.1 Etapa1: Seleção e análise dos dados**

Conforme foi revisado no Capítulo 4, um dos maiores problemas que o planejador enfrenta é a obtenção de dados, bem como a sua qualidade. A coleta de dados precisa ser realizada com muito cuidado, para que os dados sejam confiáveis. Os dados precisam ser selecionados e tratados para identificar quais informações são relevantes para o trabalho. Esta etapa consiste então em analisar quais os dados que se enquadram no estudo desejado.

O presente trabalho utilizou a base de dados da Pesquisa O-D, que é um recurso muito útil para a aquisição de dados, pois fornece informações socioeconômicas e um completo roteiro individual de viagens. A cidade de São Carlos-SP tem uma pesquisa O-D realizada entre os anos de 2007/2008 pelo Departamento de Engenharia de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos, (STT /EESC/USP), por meio de um Projeto de Pesquisa financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), (RODRIGUES DA SILVA, 2008). Esse tipo de pesquisa não é comum de ser realizada e, infelizmente, poucas cidades brasileiras possuem esse tipo de informação. Com os dados desta pesquisa foi possível encontrar os usuários de transporte público urbano e suas localizações espaciais.

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.

Por ser necessário e importante utilizar dados confiáveis e de qualidade e por ser geralmente de fácil aquisição, foi selecionada para este trabalho a base de dados socioeconômicos do IBGE, ou seja, a Base de Informações por Setores Censitários. 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.

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 zonas de tráfego, que é composta por 41 zonas, como pode ser vista na Figura 4. Para isto, foi necessário importar os dados de renda dos setores censitários do IBGE para essas 41 zonas de tráfego.

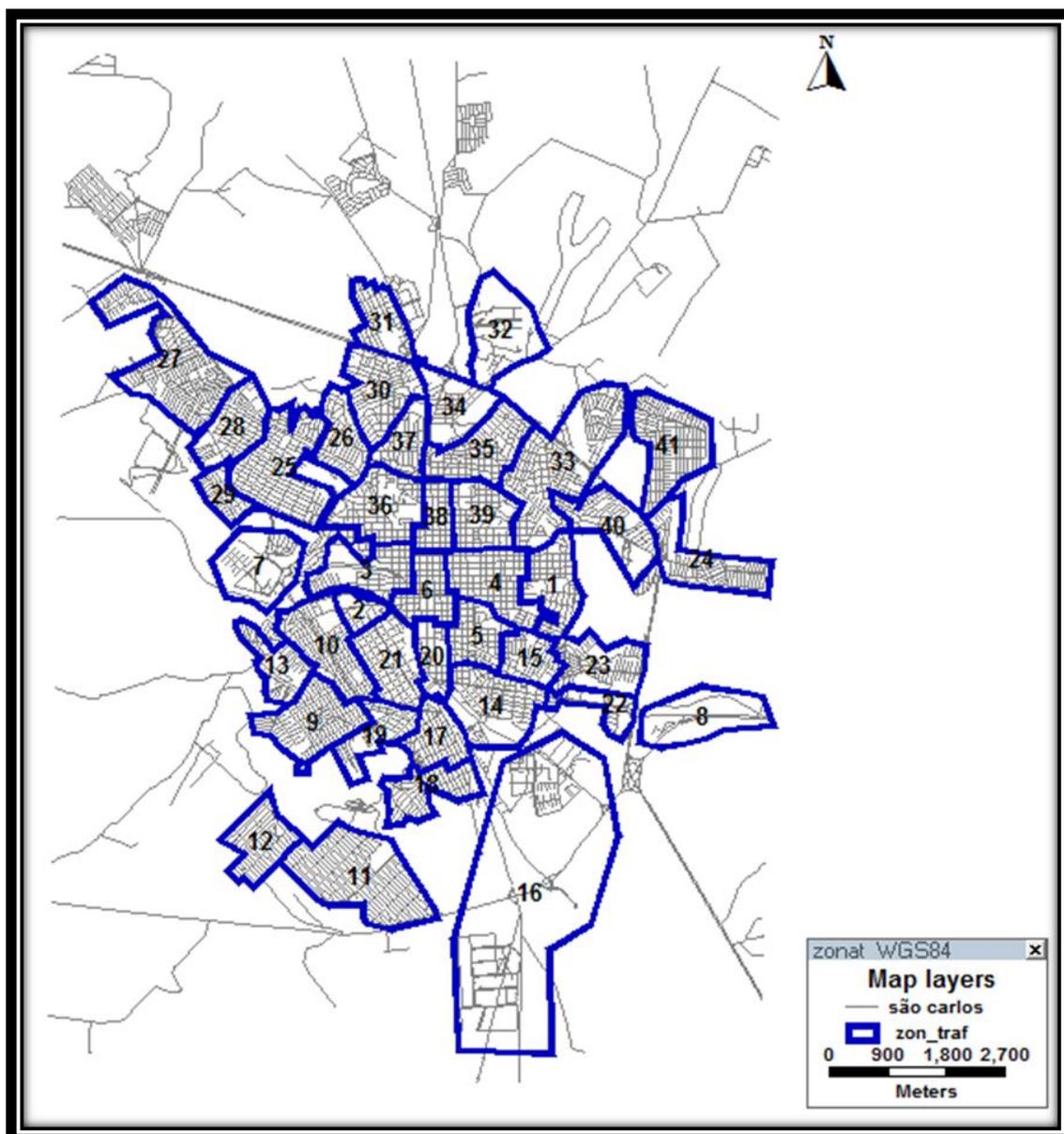


Figura 4- Cidade de São Carlos-SP dividido em 41 zonas de tráfego.

Todos os mapas desta dissertação foram gerados em um SIG-T, que neste trabalho optou-se por utilizar o SIG TransCAD versão 4.8, que apresenta uma série de ferramentas para o Planejamento de Transportes num Sistema de Informação Geográfica e está disponível no Departamento de Engenharia de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos-SP. Dentre suas inúmeras ferramentas, o programa disponibiliza para este estudo, uma ferramenta para o cálculo dos mínimos caminhos e outras indicações, como por exemplo, cálculo da distância entre dois pontos, mapas temáticos, transformação de áreas em pontos e um banco

de dados detalhado. O SIG proporcionou maior facilidade para o manuseio dos dados e uma melhor precisão, pois neste estudo seria muito difícil analisar esses dados manualmente, pois se apresentavam de forma desagregada. Assim, esses foram os primeiros passos a serem seguidos para a realização deste método.

### 5.2.2 Etapa 2: Preparação das bases de dados

Como já falado anteriormente, todos os procedimentos deste estudo foram realizados no TransCAD versão 4.8, sendo que nem todos os SIG's comerciais possuem as ferramentas necessárias para a conclusão dessas etapas.

O TransCAD versão 4.8 armazena todas as localizações de arquivos geográficos usando milionésimos de graus de latitude e longitude. Isso significa que a localização pode ser com uma precisão de poucos centímetros. Na importação de qualquer arquivo de outro programa para ele, as localizações são convertidas automaticamente para graus de latitude e longitude. Ele permite usar uma variedade de sistemas de coordenadas e a latitude e a longitude são de um tipo especial de sistema de coordenada chamada de sistema de coordenada esférico. Mas existem outros sistemas de coordenadas usados nos diferentes países do mundo para identificar locais na Terra, como por exemplo (CALIPER, 2006):

- *State Plane and other 1927 North American Datum coordinate systems*: mais de 170 sistemas de coordenadas ou zonas, usados nos mapas de varias regiões dos Estados Unidos e Canadá.
- *State Plane and other 1983 North American Datum coordinate systems*: mais de 170 sistemas de coordenadas ou zonas, usados nos mapas de varias regiões dos Estados Unidos e Canadá, que substitui o de 1927.
- *Universal Transverse Mercator (UTM)*: 60 sistemas de coordenadas que usam a projeção Transversa de Mercator. Os sistemas de coordenadas se destinam a pequenas regiões de todo o mundo.

- *Gauss-Krüger*: 60 sistemas de coordenadas que usam a projeção Transversa de Mercator. Os sistemas de coordenadas se destinam a pequenas regiões de todo o mundo.
- *Africa*: mais de 60 sistemas de coordenadas.
- *Asia*: 45 sistemas de coordenadas.
- *Australia and New Zealand*: mais de 80 sistemas de coordenadas.
- *Central and South American*: mais de 70 sistemas de coordenadas.
- *Europe*: mais de 60 sistemas de coordenadas.

Conforme podemos observar no TransCAD, existem inúmeros sistemas de coordenadas e é necessário especificar de forma adequada o elipsoide a ser utilizado para o local de interesse. A partir do ano 2000, os elipsoides geocêntricos GRS-80, WGS-72 e WGS-84 foram definidos para fazer o mapeamento em todo o mundo (CALIPER, 2006).

Os dados utilizados neste estudo precisaram ser trabalhados em outros programas, para depois exportá-los para o TransCAD versão 4.8. Para a base da localização dos pontos de ônibus foi utilizado o software AutoCAD 2010 e para os dados da Pesquisa O-D e os dados socioeconômicos do IBGE foi utilizado o Excel, pois a base se apresentava em planilhas com extensão própria para ser utilizada neste aplicativo.

Todos os dados selecionados e analisados para o presente estudo foram importados no SIG e permitiram a elaboração de mapas temáticos e ilustrativos, como por exemplo: o mapa de pontos da localização das residências dos usuários de ônibus, o mapa de pontos da localização dos pontos de parada e o mapa temático da renda média mensal dos responsáveis pelos domicílios por zona de tráfego.

Durante o processo de importação, foi necessário analisar se os dados georreferenciados estavam nos mesmos sistemas de referências e, caso não estivessem, seria necessário o ajuste dessas bases para a realização das etapas seguintes.

Os dados da Pesquisa O-D 2007/2008 de São Carlos-SP sobre a localização dos moradores usuários de ônibus foram obtidos junto ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) da cidade, contendo uma base de pontos georreferenciada no elipsoide SAD-69. Essa base de pontos se refere ao cadastro dos hidrômetros, os quais foram selecionados apenas os domicílios e, para este trabalho, foram utilizados somente os domicílios que possuíam usuários de transporte público urbano.

A base de dados dos setores censitários do censo 2000 do IBGE, a base de dados dos pontos de parada e das linhas de ônibus fornecidos pela SMTT de São Carlos-SP e os dados da Pesquisa O-D referentes às localizações geográficas das residências dos usuários também se apresentavam georreferenciadas no elipsoide SAD-69.

Para realizar este estudo, foi necessário georreferenciar todas essas bases para o elipsoide WGS-84, utilizando coordenadas UTM, 23S (hemisfério sul), pois atualmente o IBGE exige que os trabalhos sejam georreferenciados no WGS-84, ou no SIRGAS 2000. O SAD-69 e o WGS-84 são sistemas de concepções diferentes, pois a definição/orientação do SAD-69 é topocêntrica, ou seja, o ponto de origem e orientação está na superfície terrestre e a definição/orientação do WGS-84 é geocêntrica. Isso significa que esse sistema adota um referencial que é um ponto localizado no centro da terra (geoide) (IBGE, 2010).

Portanto, foi necessário fazer o georreferenciamento dessas bases por um comando automático do AutoCAD 2010 e foram utilizados para este georreferenciamento três pontos homólogos de controle, ou seja, três pontos da rede GPS de São Carlos-SP. Os pontos utilizados foram o FEHR, o STT e o CEAT, que estão especificados na Tabela 4 (PEREIRA, 2007).

Tabela 4- Pontos da rede GPS de São Carlos-SP.

Ponto: PT-01 Nome: PARK FEHR (VRN-013-SAAE) Cód: FEHR		
	SAD 69	SIRGAS 2000 (WGS-84)
UTM (N)	7.566.726,775	7.566.681,255
UTM (E)	197.244,212	197.198,907
Ponto: PT-03 Nome: STT-USP Cód: STTU		
	SAD 69	SIRGAS 2000 (WGS-84)
UTM (N)	7.563.832,297	7.563.786,773
UTM (E)	200.708,169	200.662.869
Ponto: PT-09 Nome: CEAT (VRN-022-SAAE) Cód: CEAT		
	SAD 69	SIRGAS 2000 (WGS-84)
UTM (N)	7.555.951,881	7.555.906,344
UTM (E)	202.684,043	202.638,753

Fonte: Adaptada de Pereira (2007)

### 5.2.3 Etapa 3: Geração dos mapas dos usuários e dos pontos de ônibus

O homem passou a ter à sua disposição tecnologias que têm propiciado grande avanço nas ciências cartográficas. Tarefas antes executada manualmente, hoje são elaboradas de forma digital. Com isto, os mapas passaram a oferecer maiores e melhores detalhes, precisão cartográfica e qualidade, e são elaborados em espaço de tempo muito inferior em relação às técnicas tradicionais (FERREIRA, 2007).

O Sistema de Informação Geográfica é uma geotecnologia que permite o tratamento de diversas fontes como mapas, cadastros e permite recuperar, combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise de dados. Essa geotecnologia tem sido usada em diversas áreas do conhecimento, destacando o planejamento de transportes. As principais vantagens dos SIG's são a flexibilidade e a rapidez, pois fornece ao usuário, ou seja, aos engenheiros de transportes, um

sistema automatizado de novos conceitos de manipulação dos dados e de representação gráfica (RAIA, 2000).

Nesta seção, foram elaborados os mapas de pontos da localização geográfica dos usuários de transporte público e dos pontos de ônibus. Para gerar o mapa dos usuários de transporte público urbano da cidade de São Carlos-SP, os dados originais apresentavam-se em planilhas Excel, sendo necessário importá-los para o SIG. No SIG foram definidos os sistemas de coordenadas, a zona, o hemisfério e o elipsoide para criação do mapa dos usuários, que será detalhado no próximo capítulo.

A base de dados da localização geográfica dos pontos de ônibus fornecidas pela SMTT estava no formato “dxf” e para ser exportada para o SIG, foi necessária a transformação das hachuras por polígonos para que o TransCAD conseguisse interpretá-la. No TransCAD, foi necessário transformar as áreas em pontos, pois os pontos de ônibus estavam representados por retângulos e ajustar as coordenadas, como foi feito no mapa dos usuários de transporte público urbano.

#### **5.2.4 Etapa 4: Cálculo das distâncias**

Nesta etapa foram realizados os cálculos das distâncias mínimas de caminhada até o ponto de ônibus mais próximo e o das distâncias entre pontos de ônibus dentro de cada zona de tráfego.

Para os cálculos das distâncias mínimas de caminhada foi necessário gerar uma matriz dos mínimos caminhos em relação aos pontos de ônibus. Antes de gerar a matriz e calcular os mínimos caminhos foi necessário utilizar um comando do TransCAD versão 4.8 chamado *connect* para o SIG calcular de forma perpendicular e não de forma linear a distância entre a residência do usuário e o ponto de ônibus mais próximo e, então gerar a matriz dos mínimos caminhos. Após o cálculo da matriz dos mínimos caminhos, foi necessário exportá-la para o Excel e obter nessa matriz a mínima distância real de caminhada executada pelo usuário até o ponto mais próximo, com a identificação do ponto de parada. Houve algumas exceções,

pois alguns usuários possuem mais de um ponto de parada mais próximo de sua moradia.

Para o cálculo das distâncias entre pontos de parada, foram consideradas as 54 linhas de ônibus de São Carlos-SP para visualizar quais eram os pontos de parada que faziam parte da mesma linha e foi necessário criar um novo arquivo geográfico de linhas para calcular as distâncias entre os pontos de parada. Para a análise da qualidade dessas distâncias, foram considerados os valores usuais propostos por Ferraz e Torres (2004), que estão na faixa de 200 a 600 metros. A distância entre pontos de parada influencia na velocidade operacional dos veículos de transporte público e está totalmente ligada a qualidade do serviço no fator da acessibilidade, por isso é um dos objetivos a ser estudado e analisado nesta dissertação.

Por último foi realizada uma média das distâncias mínimas de caminhada da residência dos usuários de ônibus até o ponto de parada mais próximo e das distâncias entre pontos de parada dentro de cada uma das 41 zonas de tráfego.

### **5.2.5 Etapa 5: Geração dos mapas temáticos por zonas de tráfego**

Os mapas temáticos são representações de informações geográficas que transformam o Espaço-Território em elementos de análise espacial de dados, auxiliando na visualização do resultado junto às tabelas e aos gráficos.

Nesta etapa foram gerados mapas temáticos das distâncias médias mínimas de caminhada até o ponto de ônibus mais próximo da residência de seus usuários, das distâncias médias entre os pontos de parada e da renda média mensal por zona de tráfego para auxiliar a visualização do resultado.

Para gerar o mapa temático de renda, foram utilizados dados dos setores censitários do Censo Demográfico do IBGE 2000. O IBGE divide a área do município de São Carlos-SP em 245 setores, conforme é apresentado na Figura 5. Para cada setor existe a informação sobre o número de domicílios e a renda total

dos responsáveis por esses domicílios. A partir desses dados foi calculada a renda média domiciliar de cada setor censitário.

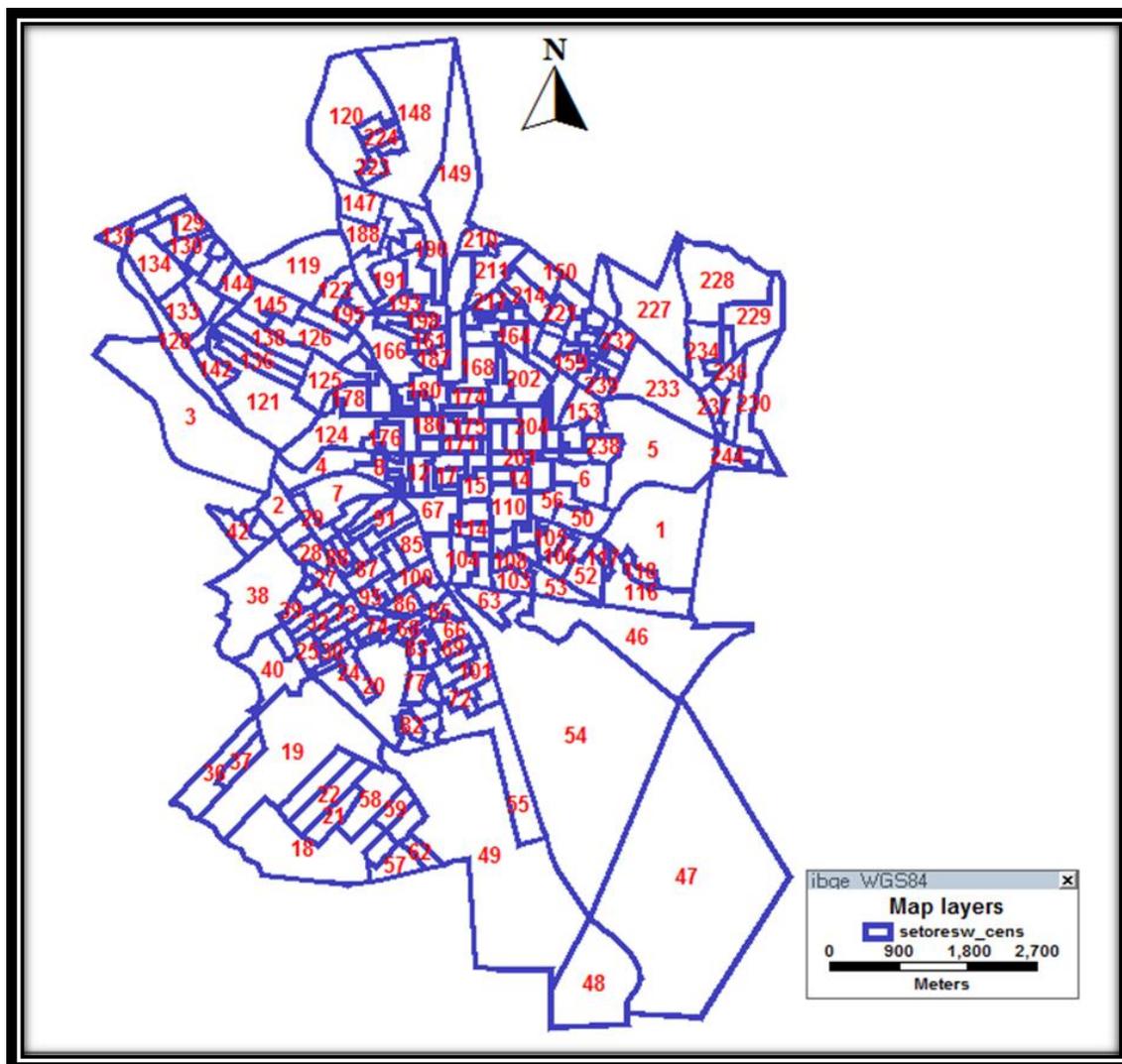


Figura 5- Mapa dos 245 Setores Censitários do IBGE 2000.

Neste trabalho, optou-se por utilizar o mapa da Figura 6, que divide São Carlos-SP em 41 zonas de tráfego, o que torna mais fácil a visualização e interpretação do mapa. O valor da renda média para cada uma dessas zonas foi obtido com a utilização dos usuários de transporte público como “ponte”. Em um primeiro passo, considerou-se que a renda média de cada usuário seria aquela do

setor censitário no qual estava contido. A seguir, o valor da renda média das zonas de tráfego foi calculado considerando-se a renda dos usuários nelas contidos.

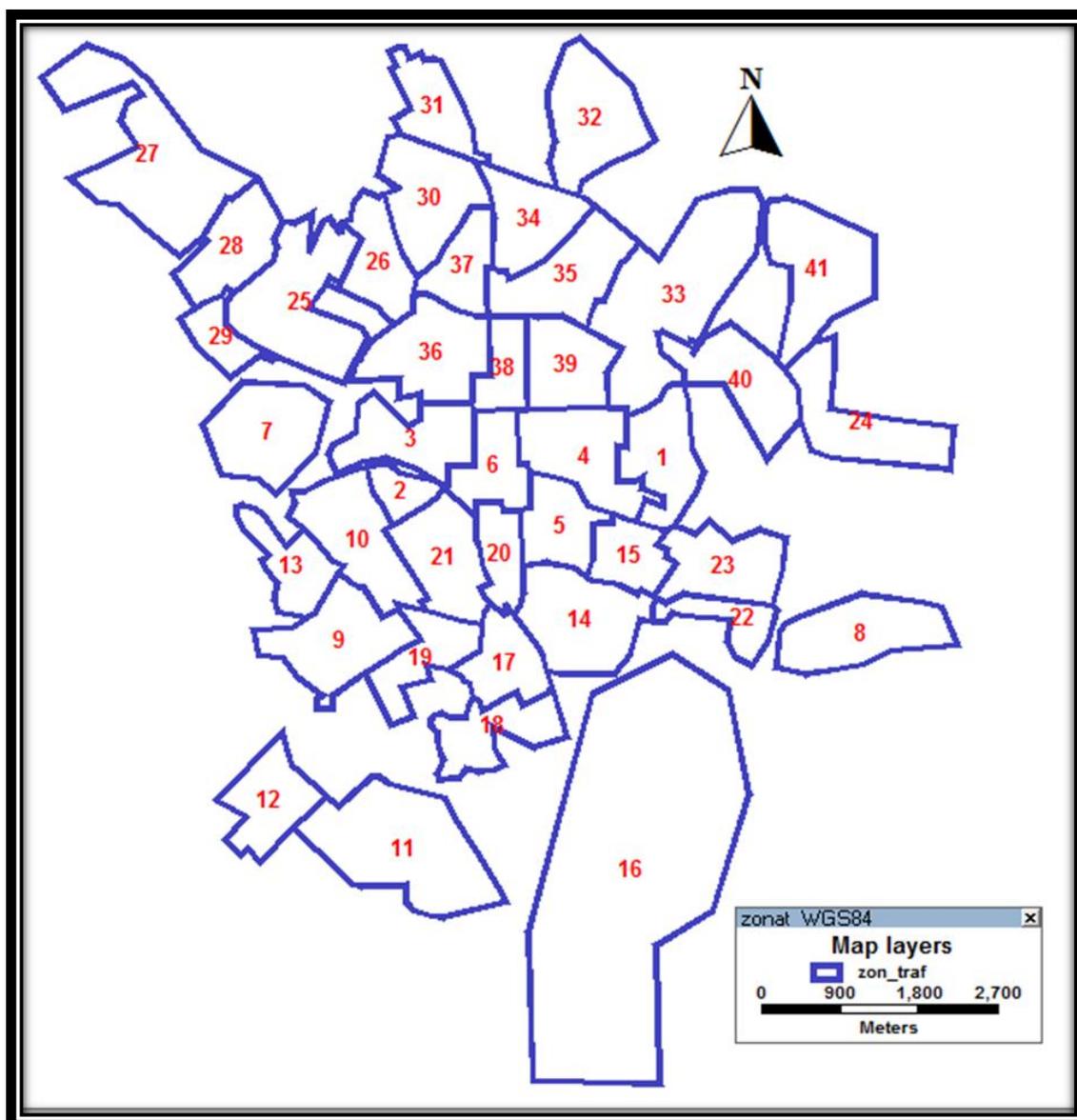


Figura 6- Mapa das 41 zonas de tráfego.

Os mapas temáticos das distâncias médias mínimas de caminhada do usuário de ônibus até o ponto de parada mais próximo, das distâncias entre pontos de parada e de renda foram gerados utilizando cinco classes de classificação. Para o mapa temático das distâncias médias mínimas de caminhada do usuário de ônibus até o ponto de parada mais próximo, as classes se apresentam entre 0 a 10000 metros, para o mapa das distâncias entre pontos de parada, estão entre 0 a 1000 metros e, para o mapa de renda, estão entre 0 e 10000 reais.

## 6 ESTUDO DE CASO

---

*Inicialmente é apresentada a caracterização do município adotado como estudo de caso. A seguir são descritos os seguintes passos: seleção e análise dos dados, geração dos mapas dos usuários e dos pontos de ônibus, cálculo das distâncias (distância de caminhada do usuário até o ponto de ônibus mais próximo e distâncias entre pontos de parada) e o mapas temáticos por zonas de tráfego.*

### 6.1 Apresentação

O estudo de caso é apenas uma das muitas maneiras de se fazer uma pesquisa e permanece sendo um dos estudos mais desafiadores. Em geral, os estudos de casos são escolhidos para responder questões do tipo como e porque, quando o pesquisador tem pouco controle dos acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos (YIN, 2005). Esse autor afirma que o estudo de caso é uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especificando quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Trata da lógica do planejamento, das técnicas de coleta e das abordagens das análises de dados.

#### 6.1.1 Caracterização do município de São Carlos-SP

A cidade de São Carlos está localizada no centro do Estado de São Paulo, na Região Sudeste do Brasil, dentro das seguintes coordenadas geográficas 21°30´ e 22°30´ de latitude Sul e 47°30´ e 48°30´ de longitude Oeste. O município está em média a 855 metros acima do nível médio do mar e tem o clima predominantemente tropical. São Carlos possui uma área territorial de 1.141 km<sup>2</sup> e uma população, no ano 2010, superior a 220 mil habitantes (IBGE, 2010). A cidade é um importante

centro regional industrial, com unidades de produção de algumas empresas multinacionais e dois grandes campi universitários. O município de São Carlos tem como limites ao Norte as cidades de Rincão, Santa Lúcia e Luís Antônio, ao Sul as cidades de Ribeirão Bonito, Brotas e Itirapina, à Leste as cidades de Descalvado e Analândia e a Oeste as cidades de Ibaté, Araraquara e Américo Brasiliense. A Figura 7 mostra a localização do município de São Carlos no Estado de São Paulo e a Figura 8 à cidade de São Carlos de uma forma geral.



Figura 7- Localização do município de São Carlos.  
Fonte: Costa (2008)

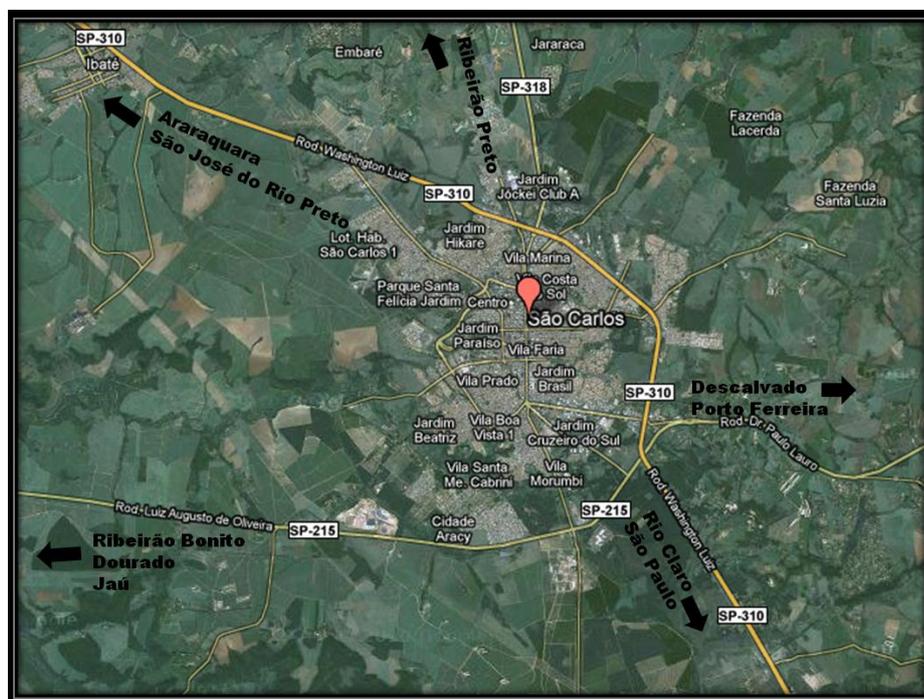


Figura 8- Imagem de Satélite do município de São Carlos-SP.  
Fonte: Google Maps(2011)

A operação de ônibus na cidade de São Carlos-SP está concessionada a uma única empresa. A frota está composta por 120 ônibus distribuídos em 53 linhas regulares, as quais operam de hora em hora, e 166 linhas especiais que operam somente nos horários de pico. Na operação das linhas especiais há muito reaproveitamento dos ônibus, ou seja, o mesmo ônibus pode fazer várias linhas parecidas dentro de um mesmo período, uma vez que as viagens apresentam horários encadeados e itinerários muito semelhantes, o que facilita a operação (SMTT, 2010).

A cidade de São Carlos-SP possui um grande número de dados e informações que foram coletados e atualizados pelo Plano Diretor e pela Pesquisa O-D. Assim, em função da existência de um grande volume de dados e esses dados estarem georreferenciados e a disponibilidade da Prefeitura Municipal de São Carlos-SP em fornecer essas informações, foi possível realizar este estudo.

Nas etapas seguintes são descritos os processos de obtenção dos mapas gerados por esses dados, seguidos dos mapas temáticos por zonas de tráfego.

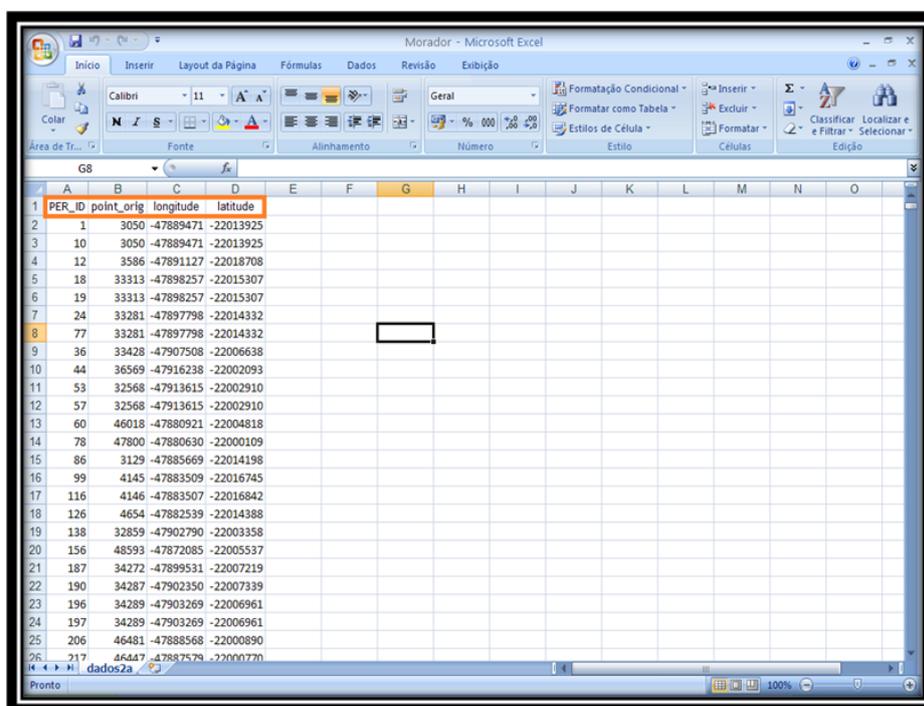
## **6.2 Aplicação do método proposto para a cidade de São Carlos-SP**

Nesta seção, o método proposto será aplicado para analisar as distâncias médias mínimas de caminhada até o ponto de ônibus mais próximo, a relação dessas distâncias com a renda média e as distâncias médias entre os pontos de ônibus por zona de tráfego para verificar a acessibilidade do sistema de transporte público por ônibus na cidade de São Carlos-SP. Será apresentada e discutida cada uma das etapas executadas pelo método proposto neste trabalho, na sequência que elas ocorrem.

## 6.2.1 Seleção e análise dos dados

Nesta etapa foram selecionados os dados para serem utilizados neste trabalho. Os primeiros dados analisados foram os da Pesquisa O-D citada anteriormente. Devido a sua disponibilidade optou-se por utilizá-la como fonte de dados, sendo possível identificar quais eram os usuários de transporte público urbano por ônibus da cidade, pois a Pesquisa O-D, junto aos dados do SAAE, tinham os pontos de origem de cada uma das pessoas entrevistadas, ou seja, a localização geográfica da residência de cada morador. Para o presente estudo, as informações necessárias foram apenas dos usuários de transporte público por ônibus, assim foi necessário filtrar esses dados da pesquisa que se apresentavam em uma planilha eletrônica no formato Excel.

Os dados dos usuários, depois de filtrados da Pesquisa O-D foram tratados individualmente. Nesses dados permaneceram apenas as informações das residências dos usuários de ônibus e estavam representados pelo código do morador (Per\_ID), ponto de origem (point\_orig) e suas coordenadas (latitude e longitude), que estão em destaque na Figura 9.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	PER_ID	point_orig	longitude	latitude											
2	1	3050	-47889471	-22013925											
3	10	3050	-47889471	-22013925											
4	12	3586	-47891127	-22018708											
5	18	33313	-47898257	-22015307											
6	19	33313	-47898257	-22015307											
7	24	33281	-47897798	-22014332											
8	77	33281	-47897798	-22014332											
9	36	33428	-47907508	-22006638											
10	44	36569	-47916238	-22002093											
11	53	32568	-47913615	-22002910											
12	57	32568	-47913615	-22002910											
13	60	46018	-47880921	-22004818											
14	78	47800	-47880630	-22000109											
15	86	3129	-47885669	-22014198											
16	99	4145	-47883509	-22016745											
17	116	4146	-47883507	-22016842											
18	126	4654	-47882539	-22014388											
19	138	32859	-47902790	-22003358											
20	156	48593	-47872085	-22005537											
21	187	34272	-47899531	-22007219											
22	190	34287	-47902350	-22007339											
23	196	34289	-47903269	-22006961											
24	197	34289	-47903269	-22006961											
25	206	46481	-47888568	-22000890											
26	217	46447	-47887579	-22000770											

Figura 9- Nova base de dados para o mapa de usuários de ônibus da cidade de São Carlos-SP.

Outra fonte utilizada neste estudo foi a base de dados fornecida pela SMTT, vide Figura 10, que contém o mapa da localização geográfica dos pontos de ônibus da cidade de São Carlos-SP e se apresenta em uma plataforma computacional, AutoCAD 2010.



Figura 10- Mapa dos pontos de ônibus da cidade de São Carlos-SP fornecido pela SMTT.

Para utilização desse mapa foram necessários alguns ajustamentos, como por exemplo, a adequação do desenho, pois os pontos de ônibus estavam desenhados de uma forma que o SIG TransCAD versão 4.8 não conseguia interpretar. Após os ajustamentos, esse mapa pôde ser importado para o TransCAD versão 4.8 e, posteriormente, criar o mapa dos pontos de ônibus.

Para finalizar esta etapa, utilizou-se a base de dados socioeconômicos do município de São Carlos-SP, proveniente do Censo 2000 do IBGE, que divide a área do município em 245 setores censitários. Os arquivos disponíveis incluem o mapa de setores (arquivos geográficos do tipo “shp” e “shx”) e a base de dados (arquivo do tipo “dbf”), associada a esse mapa.

Existe ainda um arquivo do tipo texto (“txt”) com informações sobre o número de identificação e a classificação de todas as variáveis da base de dados.

Esses arquivos podem ser carregados e analisados em um SIG. Os dados sobre a renda mensal dos responsáveis pelos domicílios foram usados para caracterizar a renda familiar média dos usuários residentes no setor. As variáveis utilizadas foram o “número de pessoas responsáveis pelos domicílios particulares permanentes sem rendimento e com rendimento por setor” (código 166) e o “rendimento nominal total mensal das pessoas responsáveis pelos domicílios particulares permanentes do setor” (código 168).

Para uma melhor visualização e interpretação do mapa de renda média, foi utilizada a subdivisão de São Carlos-SP por zonas de tráfego, que é composta por 41 zonas, como já explicado e ilustrado no capítulo anterior.

### **6.2.2 Geração dos mapas dos usuários e dos pontos de ônibus**

Inicialmente, foi importada para o TransCAD versão 4.8 a base de dados da Pesquisa O-D, já analisada, selecionada e trabalhada nas etapas anteriores. Foram necessários ajustes de sistemas de coordenadas e, no caso desse mapa, as coordenadas estão no sistema UTM, no hemisfério Sul e no elipsoide de referência geocêntrico WGS-84, de acordo com a Figura 11. Na Figura 12, é apresentado o mapa dos usuários de ônibus e as vias de circulação da cidade de São Carlos-SP.

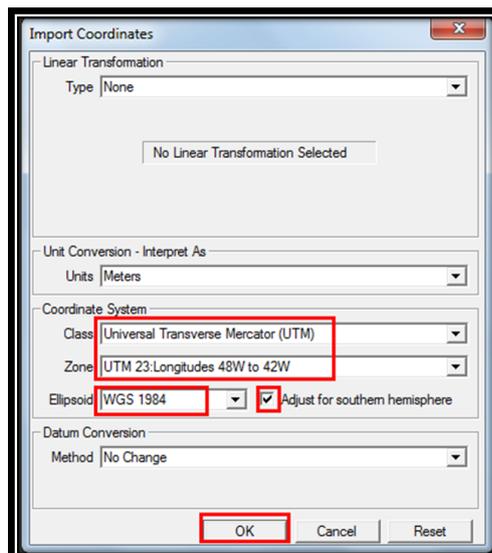


Figura 11- Importação de coordenadas no TransCAD versão 4.5.

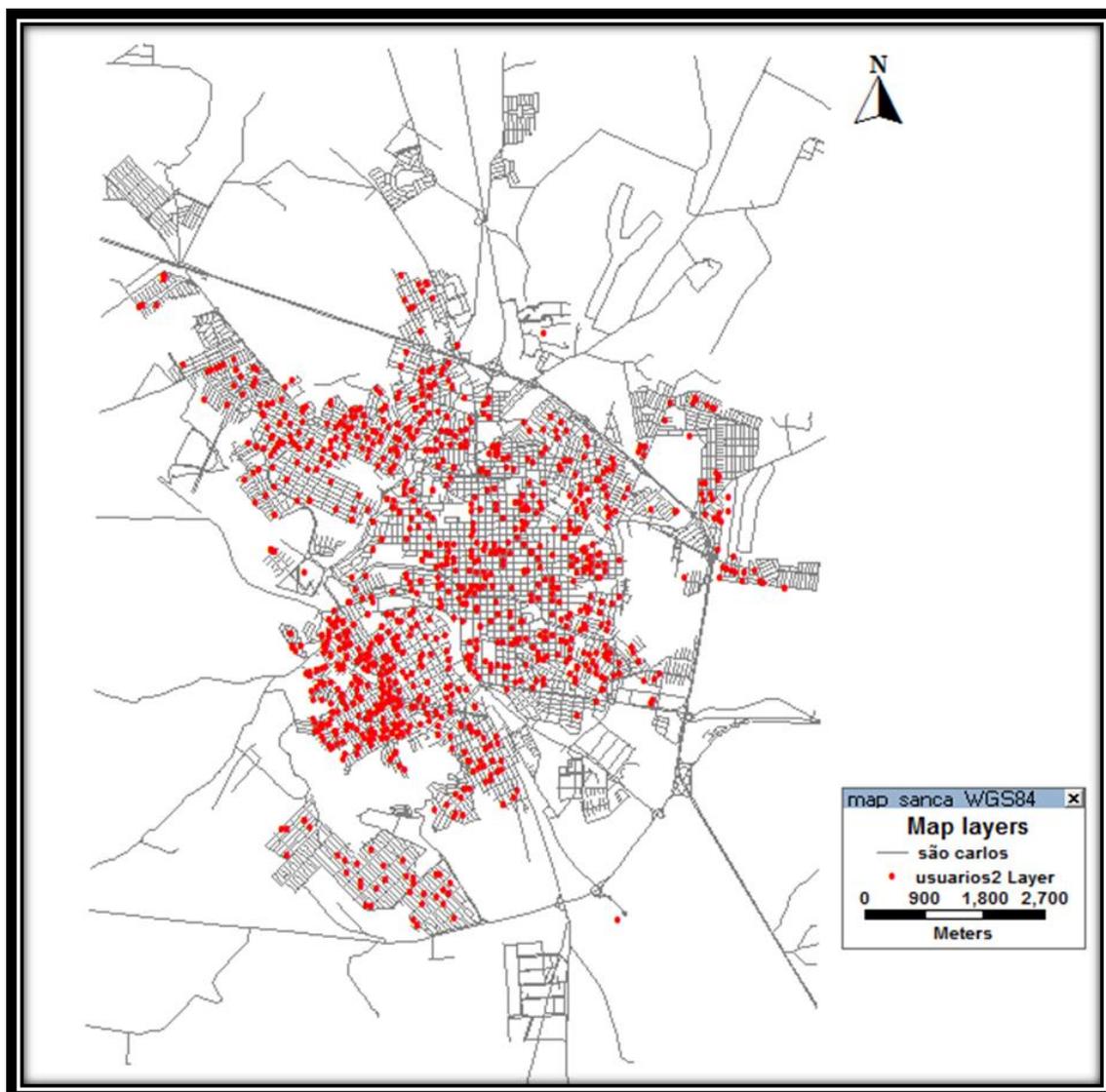


Figura 12- Mapa dos usuários de ônibus da cidade de São Carlos-SP.

O mapa dos pontos de ônibus fornecidos pela prefeitura estava no formato “dxf” e os pontos de ônibus estavam desenhados na forma de polígonos. No TransCAD versão 4.8, foi necessário ajustar as coordenadas, do mesmo modo que foi feito com o mapa anterior e que está especificado na Figura 11. Depois desse passo foi necessário transformar o mapa de áreas (polígonos) dos pontos de ônibus em um mapa de pontos, como mostra a Figura 13, utilizando o comando do TransCad versão 4.8 chamado *Export* que está apresentado na Figura 14.

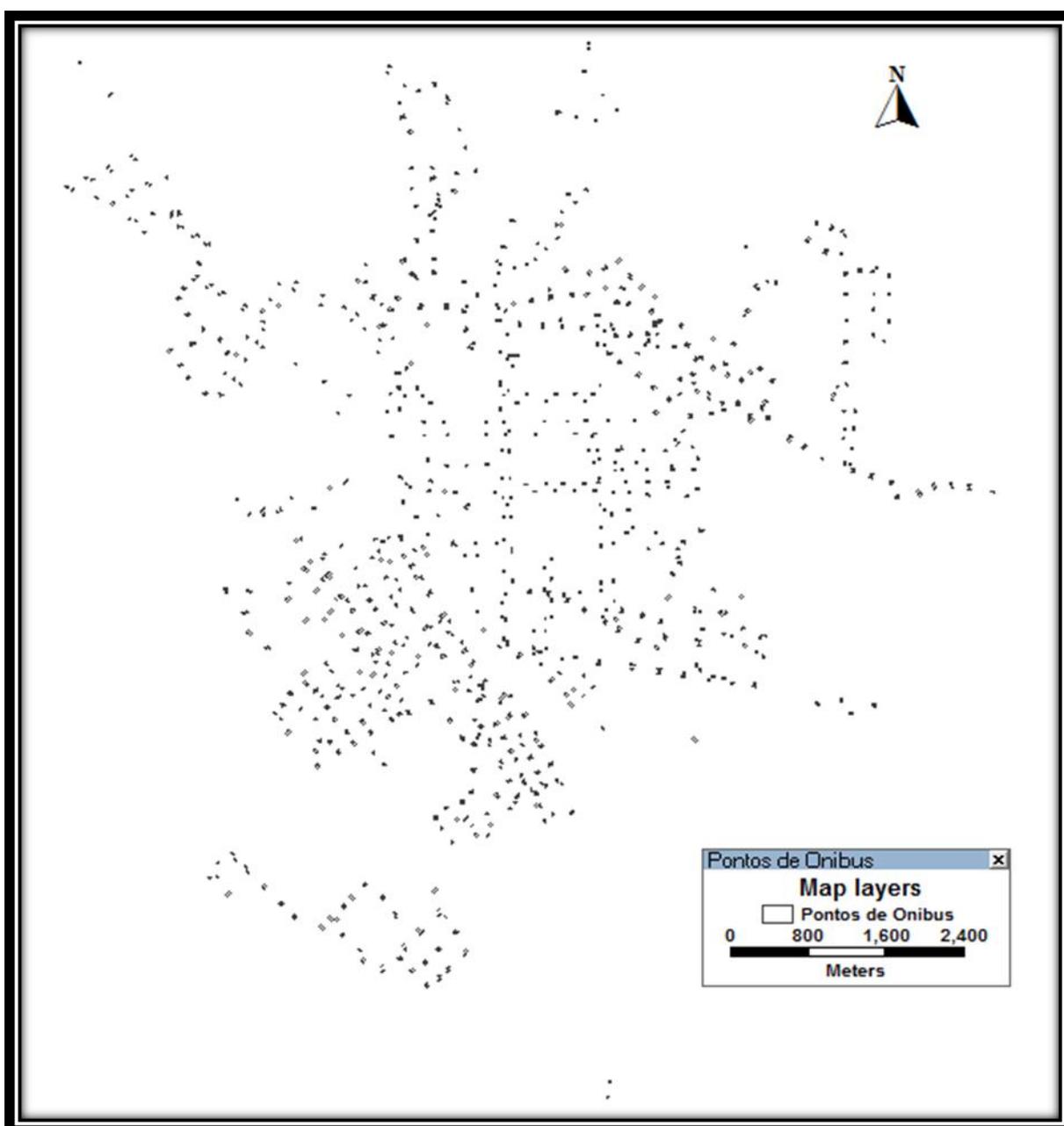


Figura 13- Mapa de área dos pontos de ônibus.

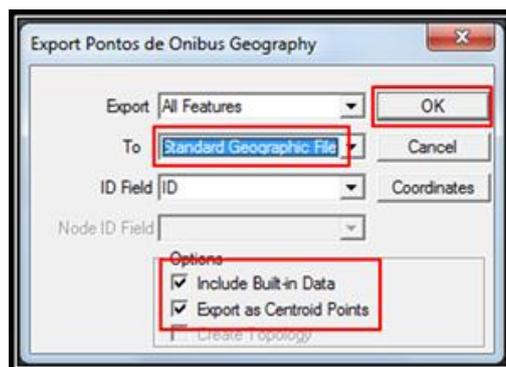


Figura 14- Comando de transformação de áreas em pontos.

A Figura 15 mostra o mapa de área dos pontos de ônibus transformado no mapa de pontos da cidade de São Carlos-SP.

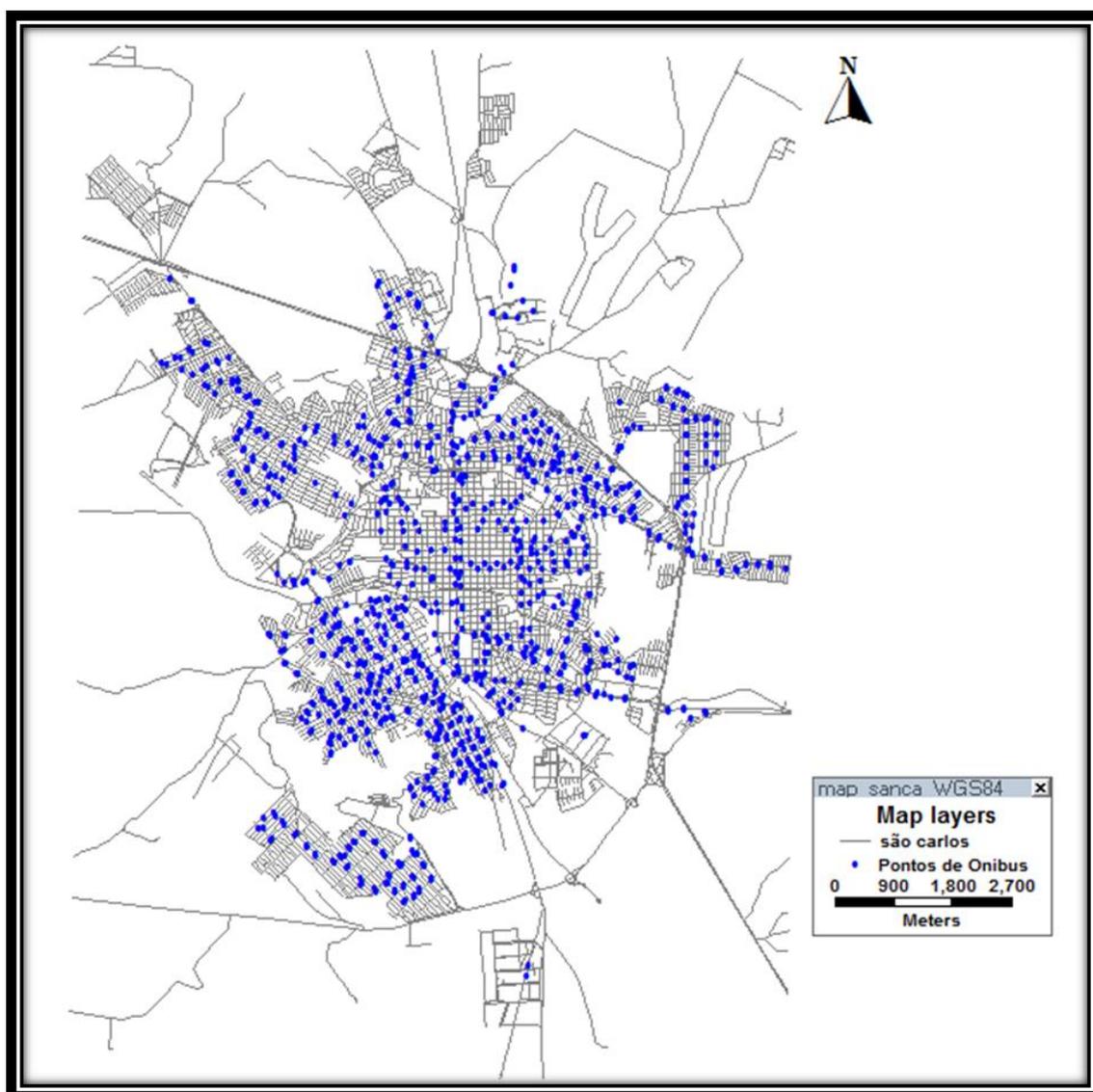


Figura 15- Mapa dos pontos de ônibus da cidade de São Carlos-SP.

Concluindo essas duas etapas de geração dos mapas, a Figura 16 apresenta a sobreposição dos mapas dos usuários de transporte público e os pontos de ônibus para uma melhor visualização da distribuição dessas duas variáveis na cidade de São Carlos-SP dentro das 41 zonas de tráfego.

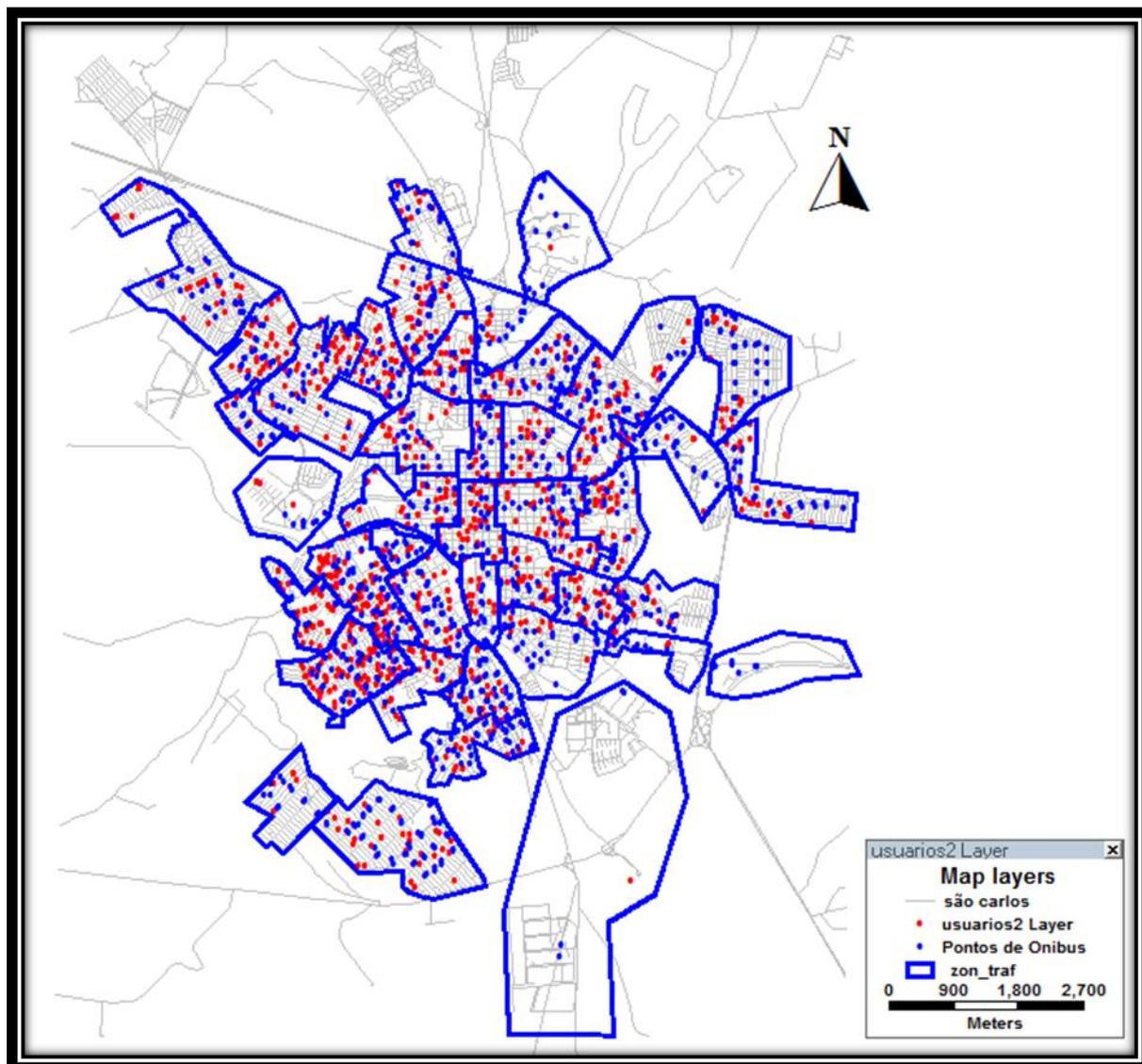


Figura 16- Mapa final dos usuários de transporte público e os pontos de ônibus da cidade de São Carlos-SP.

### **6.2.3 Cálculo das distâncias: Distância da residência do usuário até o ponto de ônibus e distância entre pontos de ônibus.**

Neste item, serão apresentados como foram gerados os mapas e calculadas as distâncias das residências dos usuários até o ponto de parada mais próximo e as distâncias entre os pontos de parada.

#### **6.2.3.1 Distância da residência do usuário até o ponto de ônibus mais próximo**

Nesta seção foi calculada a distância da residência do usuário até o ponto de ônibus mais próximo. Através do comando *connect* do TransCAD versão 4.8, vide Figura 17, foi possível gerar nós e, posteriormente, calcular a distância perpendicular entre a residência do usuário e todos os pontos de parada como mostra no retângulo do zoom em laranja.

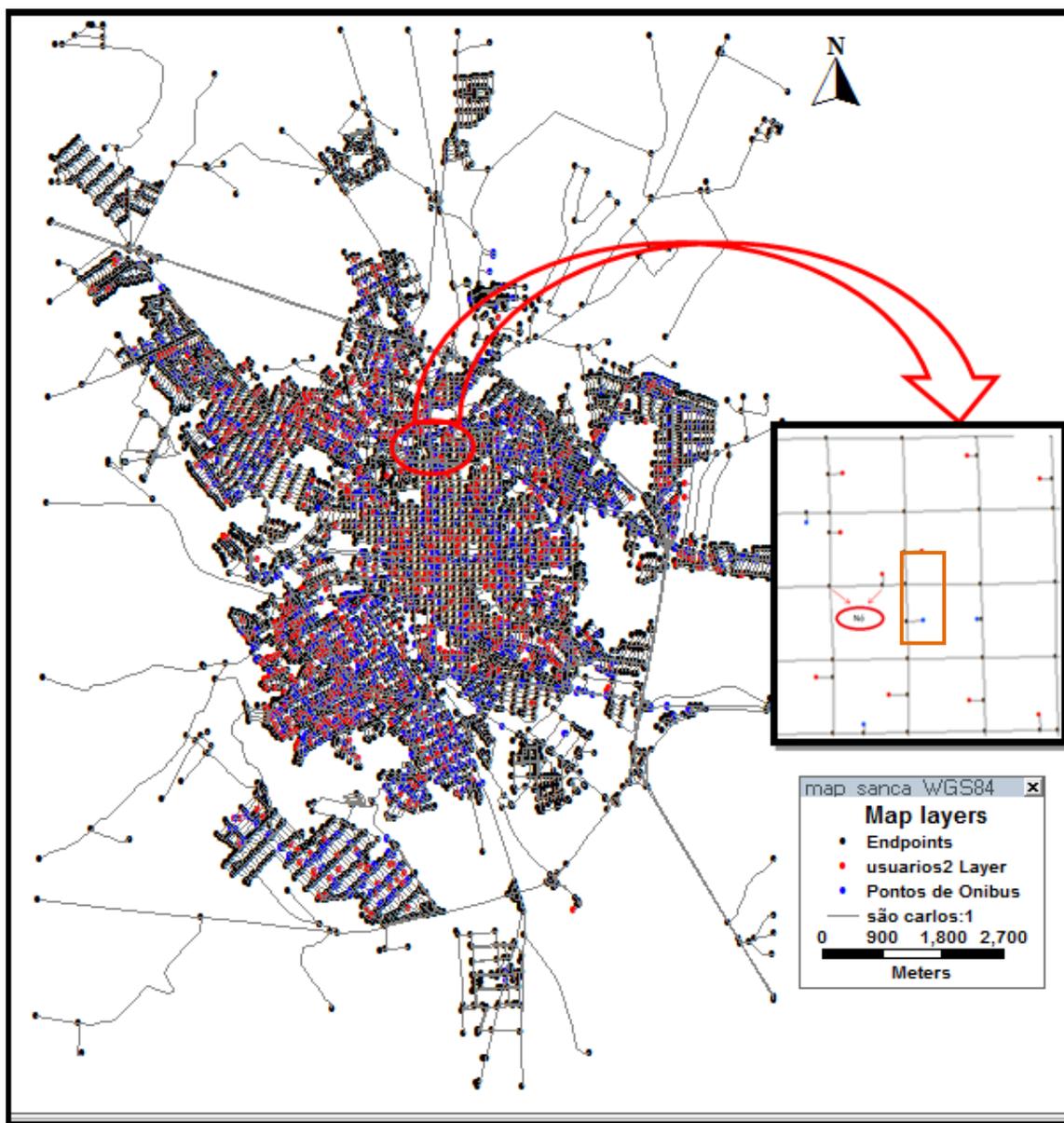


Figura 17- Mapa da distância da residência do usuário até o ponto de parada mais próximo.

O TransCAD versão 4.8 dispõe de uma ferramenta chamada *Shortest Path on a Network* que pode encontrar o caminho mais curto para mover de um local para outro em uma rede. O caminho mais curto é o que minimiza o valor total de um atributo específico de uma rede, tais como distância, tempo e custo (CALIPER, 2006).

Após a geração dos nós para o cálculo das distâncias de caminhada até os pontos de parada, foi gerada uma matriz de mínimos caminhos de 1376 linhas por 1064 colunas, onde as linhas representam os usuários de ônibus e as colunas os pontos de ônibus. Em seguida, foram calculadas as distâncias da residência do usuário até todos os pontos de ônibus da cidade, como pode ser visualizado na Figura 18.

	133089	133091	133093	133095	133097	133099	133101
130769	4.05	1.65	4.19	0.44	0.19	0.19	0.66
130771	4.34	0.41	4.48	1.42	1.16	1.17	0.67
130773	4.61	0.50	4.75	1.69	1.43	1.44	0.94
130775	4.59	0.41	4.73	1.72	1.46	1.47	0.96
130777	4.21	0.46	4.35	1.37	1.11	1.11	0.60
130779	4.07	0.60	4.21	1.23	0.97	0.98	0.46
130781	4.56	0.22	4.70	1.78	1.52	1.53	1.01
130783	3.47	1.79	3.61	0.27	0.52	0.56	0.83
130785	3.48	1.68	3.62	0.25	0.50	0.54	0.72
130785	3.48	1.68	3.62	0.25	0.50	0.54	0.72
130788	3.30	1.55	3.44	0.58	0.66	0.70	0.60
130788	3.30	1.55	3.44	0.58	0.66	0.70	0.60
130788	3.30	1.55	3.44	0.58	0.66	0.70	0.60
130788	3.30	1.55	3.44	0.58	0.66	0.70	0.60
130793	3.44	1.40	3.58	0.67	0.51	0.55	0.44
130795	1.25	4.36	0.67	3.47	3.69	3.70	3.54
130797	0.92	3.96	1.06	3.07	3.30	3.31	3.14
130799	0.93	3.82	0.96	2.93	3.15	3.17	3.00
130801	0.83	3.94	0.97	3.05	3.27	3.29	3.12
130801	0.83	3.94	0.97	3.05	3.27	3.29	3.12
130801	0.83	3.94	0.97	3.05	3.27	3.29	3.12
130801	0.83	3.94	0.97	3.05	3.27	3.29	3.12
130801	0.83	3.94	0.97	3.05	3.27	3.29	3.12
130807	1.02	3.60	1.16	2.72	2.94	2.95	2.79
130809	1.08	3.61	1.22	2.72	2.94	2.96	2.79
130811	1.07	4.17	0.86	3.28	3.51	3.52	3.36
130813	1.01	4.11	0.92	3.22	3.45	3.46	3.30

Figura 18- Matriz dos mínimos caminhos de todos os usuários de ônibus e pontos de parada.

Na próxima etapa foi utilizado o aplicativo Excel para determinar qual a distância mínima de caminhada do usuário até o ponto de parada mais próximo de sua residência, vide Figura 19. Pode-se notar que alguns usuários possuem mais de um ponto de parada mais próximo, mas que para este estudo não influenciará, pois o que importa é conhecer a mínima distância de caminhada.

Morador	Dist. min.(km)	Localização dos pontos	
130769	0.19	133097	133099
130771	0.20	133111	
130773	0.28	133111	
130775	0.19	133111	
130777	0.22	133113	133115
130779	0.21	133107	
130781	0.13	133116	
130783	0.27	133095	
130785	0.04	133120	
130785	0.04	133120	
130788	0.21	133124	
130788	0.21	133124	
130788	0.21	133124	
130788	0.21	133124	
130793	0.17	133122	
130795	0.23	133128	
130797	0.21	133136	
130799	0.15	133136	
130801	0.13	133136	
130801	0.13	133136	
130801	0.13	133136	
130801	0.13	133136	
130801	0.13	133136	
130807	0.32	133136	

Figura 19- Matriz da distância mínima de caminhada até o ponto de parada mais próximo.

Para finalizar essa etapa, foi elaborado um banco de dados com informações contendo as distâncias mínimas de caminhada (mínimo), o número de pontos de parada possíveis de se utilizar com a mesma distância mínima (ctmin), o número de pontos de ônibus com até 100, 200, 400, 600, 800 e 1000 metros de caminhada e as zonas de tráfego de cada usuário (zt).

As colunas (p100, p300 e p500) representam quantos pontos de ônibus o usuário tem dentro de uma distância de até 100, 300 e 500 metros. As três últimas colunas representam: se o usuário possui pelo menos um ponto de ônibus dentro da distância de caminhada de até 100, 300 e 500 metros. Essas especificações estão contidas na Figura 20 e serão discutidas no próximo capítulo.

id1	minimo	ctmin	p100	p200	p400	p600	p800	p1000	ZT	[p100:1]	p300	p500	pate100	pate300	pate500
130769	0.19	2	0	2	0	3	5	2	12	0	2	1	0	1	1
131080	0.45	1	0	0	0	6	5	9	11	0	0	2	0	0	1
130771	0.20	1	0	1	4	8	6	5	11	0	4	5	0	1	1
130773	0.28	1	0	0	4	9	6	8	11	0	1	8	0	1	1
130775	0.19	1	0	1	4	9	5	9	11	0	4	5	0	1	1
130777	0.22	2	0	0	7	8	2	8	11	0	2	7	0	1	1
130779	0.21	1	0	0	4	6	7	9	11	0	2	6	0	1	1
130781	0.13	1	0	2	7	5	6	3	11	0	5	6	0	1	1
130783	0.27	1	0	0	4	4	1	1	12	0	1	3	0	1	1
130785	0.04	1	1	0	3	4	2	2	12	1	3	3	1	1	1
130785	0.04	1	1	0	3	4	2	2	12	1	3	3	1	1	1
130793	0.17	1	0	2	2	5	3	2	12	0	3	3	0	1	1
130788	0.21	1	0	0	4	4	2	3	12	0	3	2	0	1	1
130788	0.21	1	0	0	4	4	2	3	12	0	3	2	0	1	1
130788	0.21	1	0	0	4	4	2	3	12	0	3	2	0	1	1
130788	0.21	1	0	0	4	4	2	3	12	0	3	2	0	1	1
130795	0.23	1	0	0	3	5	12	15	9	0	2	2	0	1	1
130817	0.13	1	0	2	2	6	11	14	9	0	3	4	0	1	1
130797	0.21	1	0	0	4	5	8	8	9	0	4	4	0	1	1

Figura 20- Banco de dados das informações dos usuários de transporte público por ônibus.

### 6.2.3.2 Distância entre pontos de parada

Nesta seção foi calculada a distância entre os pontos de parada. No TransCAD versão 4.8, foi necessário sobrepor o mapa das linhas de ônibus com o da localização dos pontos de ônibus para identificar quais pontos de parada pertenciam a determinada linha (vide Figura 21).

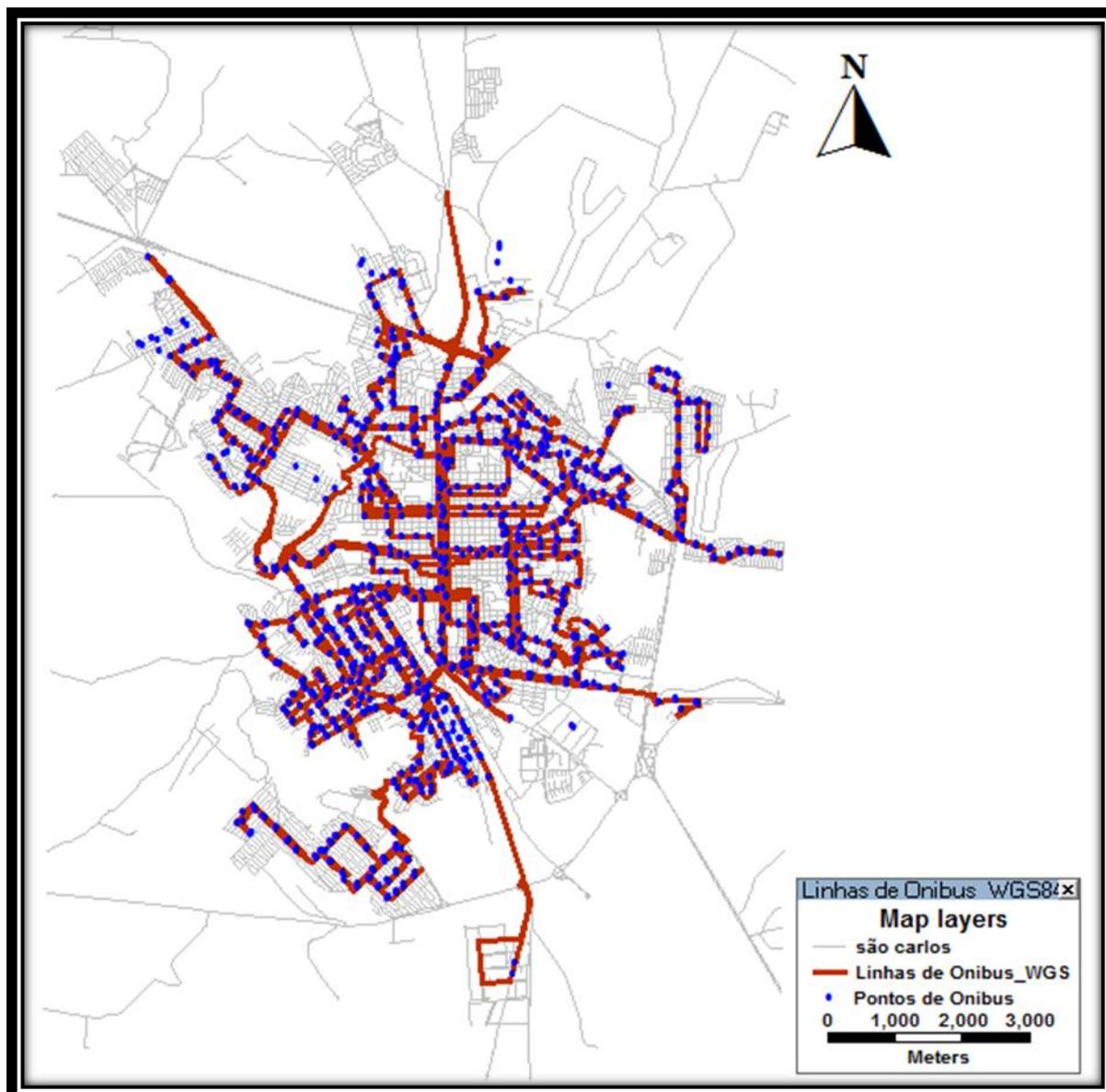


Figura 21- Mapa das 54 linhas de ônibus de São Carlos-SP.

Neste trabalho as análises foram avaliadas por zonas sendo necessário considerar somente a distância entre os pontos de ônibus que estivessem dentro da mesma zona, para posteriormente saber se as distâncias entre pontos de parada estavam dentro das faixas consideradas usuais, de acordo com a Figura 22.



Figura 22- Mapa das distâncias entre pontos de parada delimitados por zonas.

#### 6.2.4 Mapas temáticos por zona de tráfego

Os mapas temáticos são de grande valor e auxílio para visualizar de forma mais rápida e com melhor entendimento o que se deseja destacar. Para que se pudesse ter uma visão espacial dos dados, inicialmente foram produzidos os mapas temáticos considerando as variáveis individualmente e, depois, foram construídos os mapas utilizando as variáveis agregadas por zonas de tráfego, somente para os

usuários de ônibus. No caso do mapa das distâncias médias entre os pontos de ônibus, as variáveis foram analisadas de forma agregada por zonas de tráfego.

O primeiro mapa temático elaborado foi o das distâncias mínimas de caminhada da residência de cada usuário amostrado até o ponto de parada mais próximo, mostrado na Figura 23. Pode-se perceber que a maioria dos usuários caminha a distância máxima de 300 metros até o ponto de ônibus mais próximo de sua residência, sendo mais evidente para os moradores da região sudoeste da cidade. Portanto, dos 1376 usuários amostrados, apenas 265 usuários caminham uma distância maior que 300 metros.

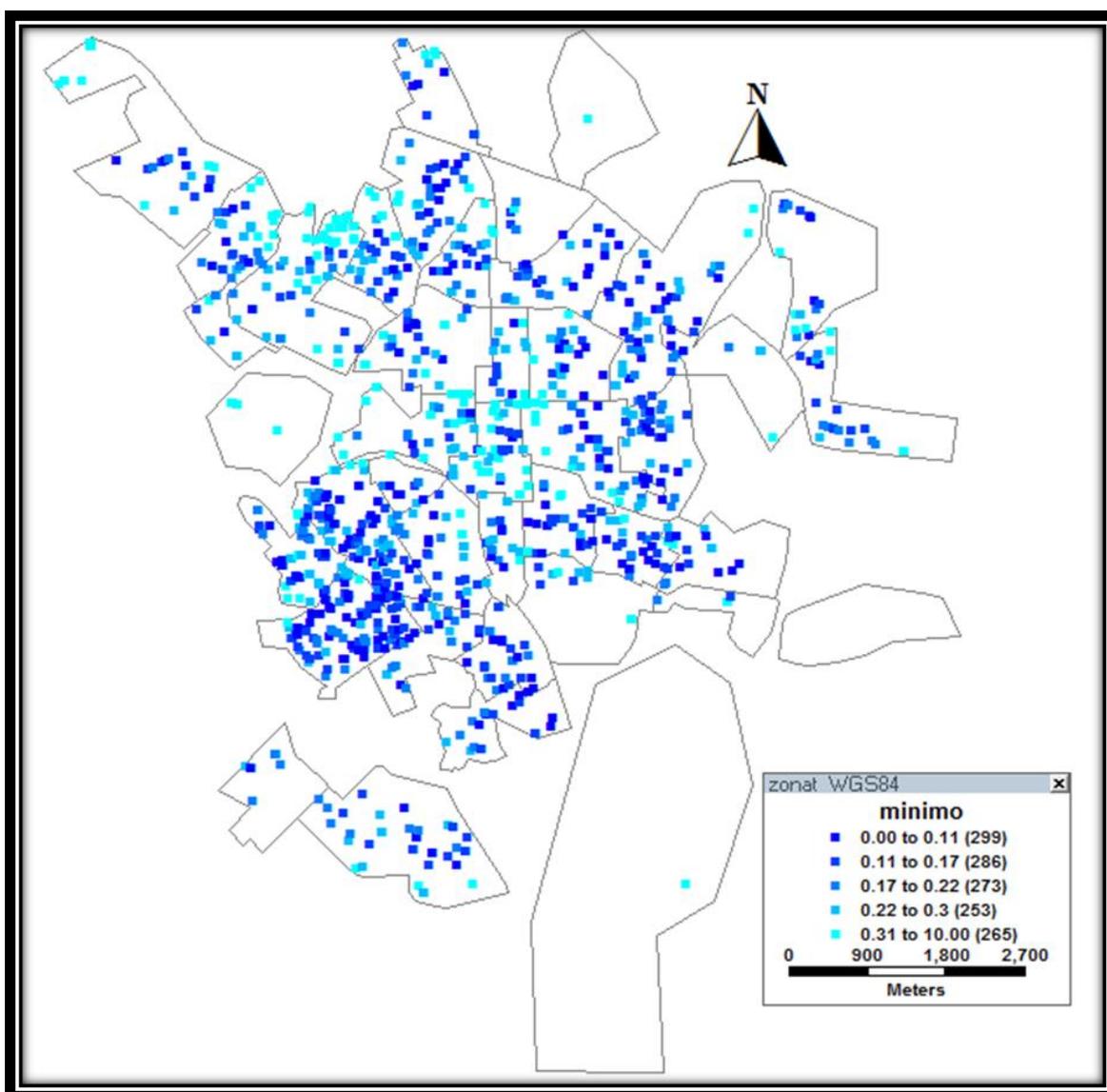


Figura 23- Localização espacial dos usuários e sua distância mínima de caminhada.

O mapa temático da Figura 24 é o das distâncias médias mínimas de caminhada da residência do usuário até o ponto de ônibus mais próximo por zona de tráfego. Neste caso os dados são analisados de forma agregada, facilitando a visualização do comportamento da variável na cidade de São Carlos-SP. Pode-se notar que, na maioria das zonas, a população precisa caminhar uma distância máxima de 300m. A zona oito não possui usuários amostrados, por isso não foi possível calcular a distância da residência do usuário até o ponto de ônibus mais próximo.

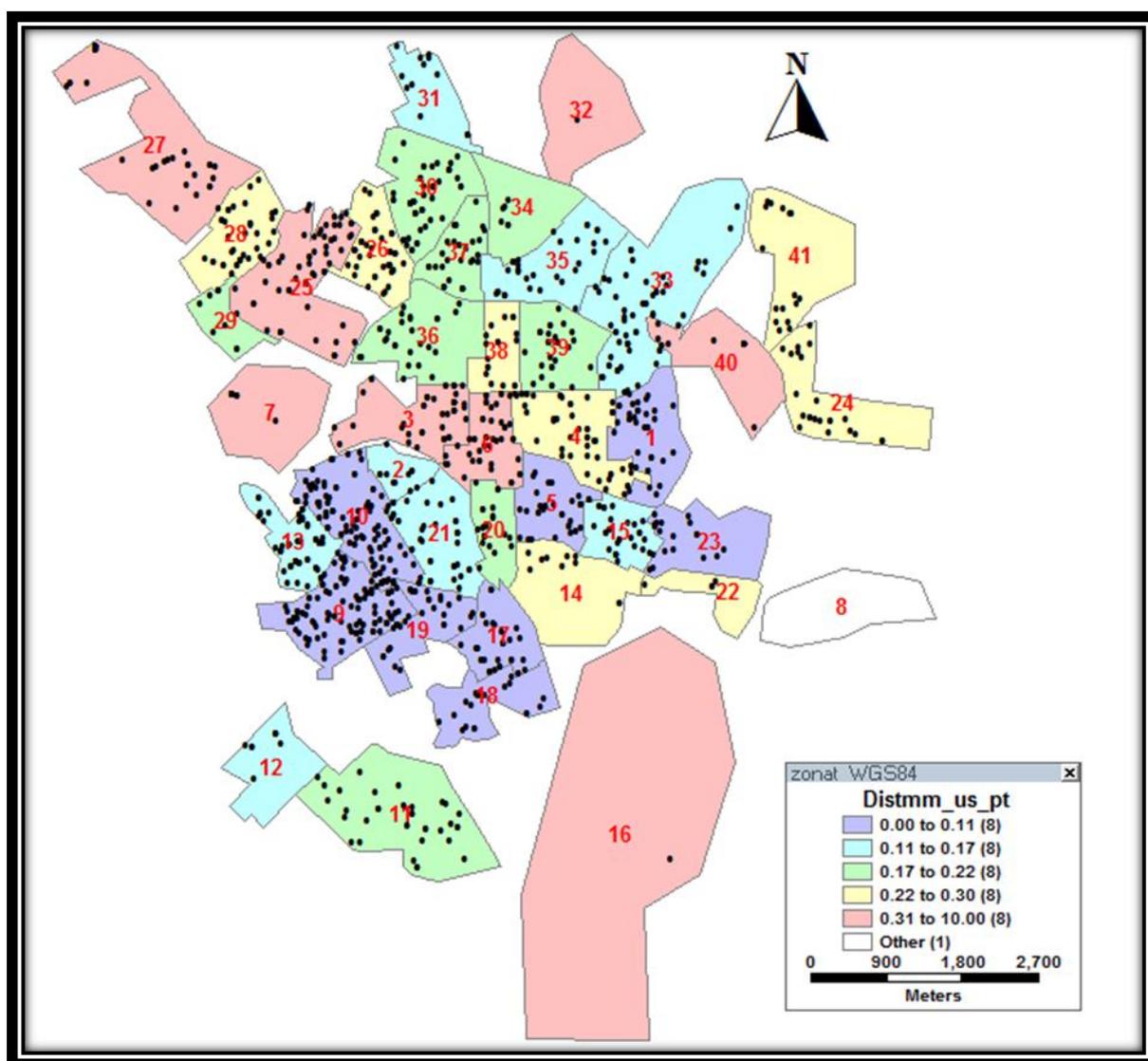


Figura 24- Mapa temático das distâncias médias mínimas de caminhada da residência do usuário de ônibus até o ponto de parada mais próximo por zonas de tráfego.

A Figura 25 mostra o mapa temático da renda média mensal dos usuários de ônibus da cidade de São Carlos-SP onde os dados foram analisados de forma desagregada. Conclui-se que, para esta amostra, os usuários com maior renda estão localizados na região norte e no centro da cidade.

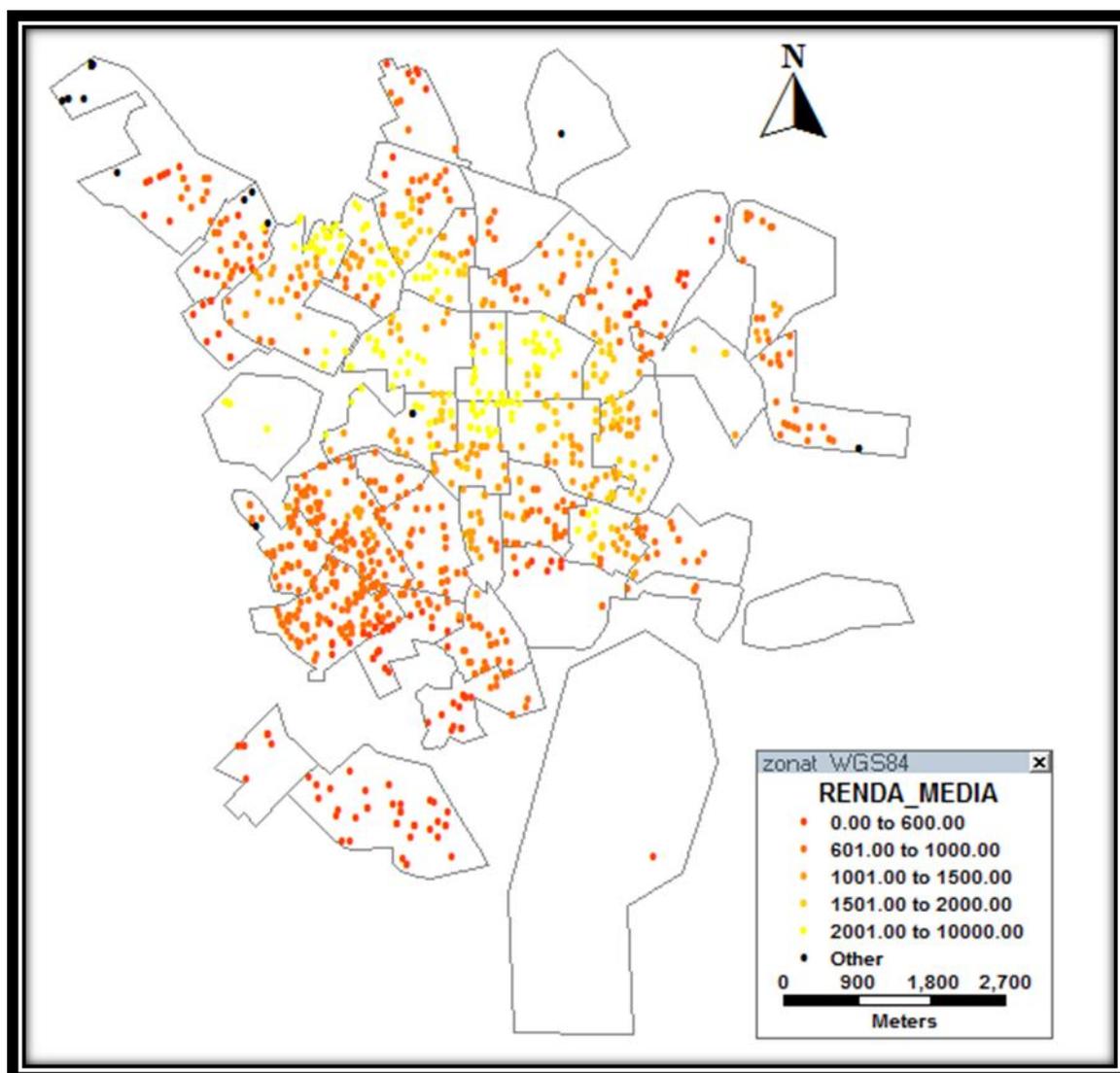


Figura 25- Renda média mensal de cada usuário de ônibus.

Os usuários que estão classificados como “outros” significa que não foi possível encontrar sua renda, pois foram utilizadas as informações de renda da base de dados dos setores censitários do IBGE 2000. Como não constava a zona de tráfego, ou parte dela, e também alguns usuários da zona de tráfego não pertenciam a determinado setor censitário, não foi possível ter essa informação. Isto pode ser visto na Figura 26.

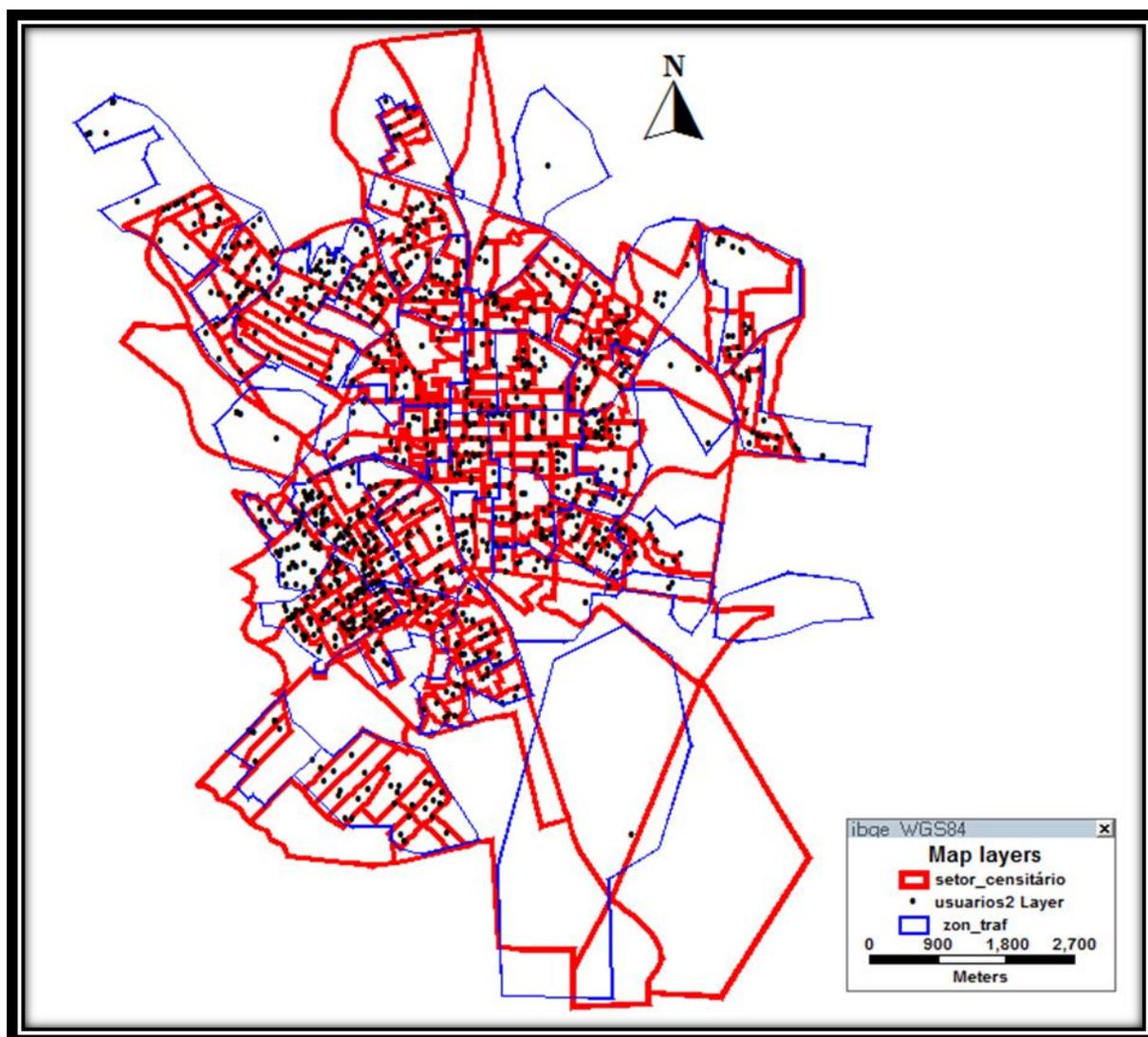


Figura 26- Diferença das áreas dos setores censitários do IBGE e das zonas de tráfego.

A Figura 27 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\$ 1500,00 (três salários mínimos).

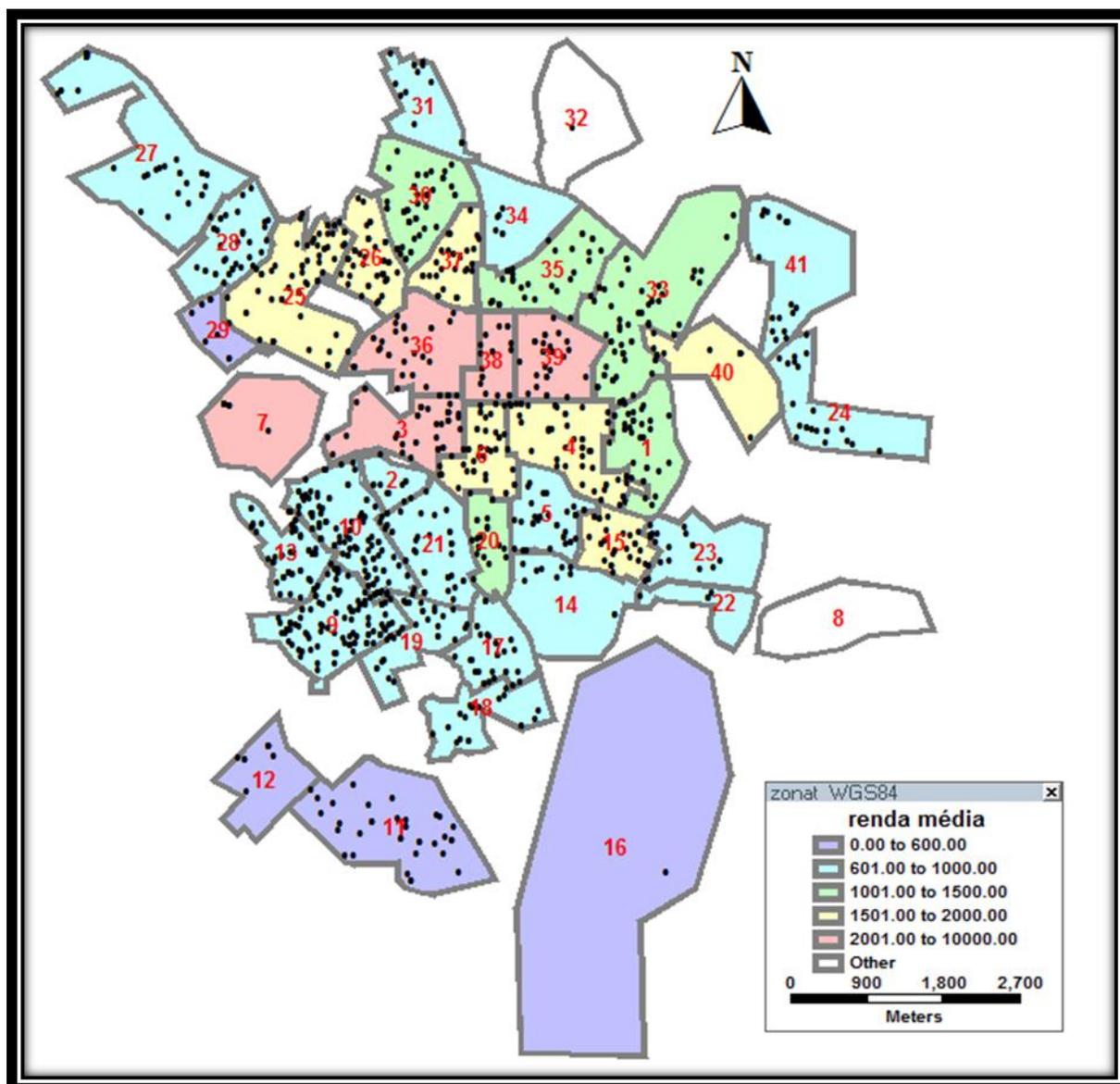


Figura 27- Mapa temático da renda média mensal dos usuários de ônibus.

Finalizando as análises deste estudo de caso, a Figura 28 representa o mapa temático das distâncias médias entre os pontos de parada em cada zona de tráfego. Pode-se perceber que a maioria dos pontos de ônibus distancia-se de 200 a 300 metros.

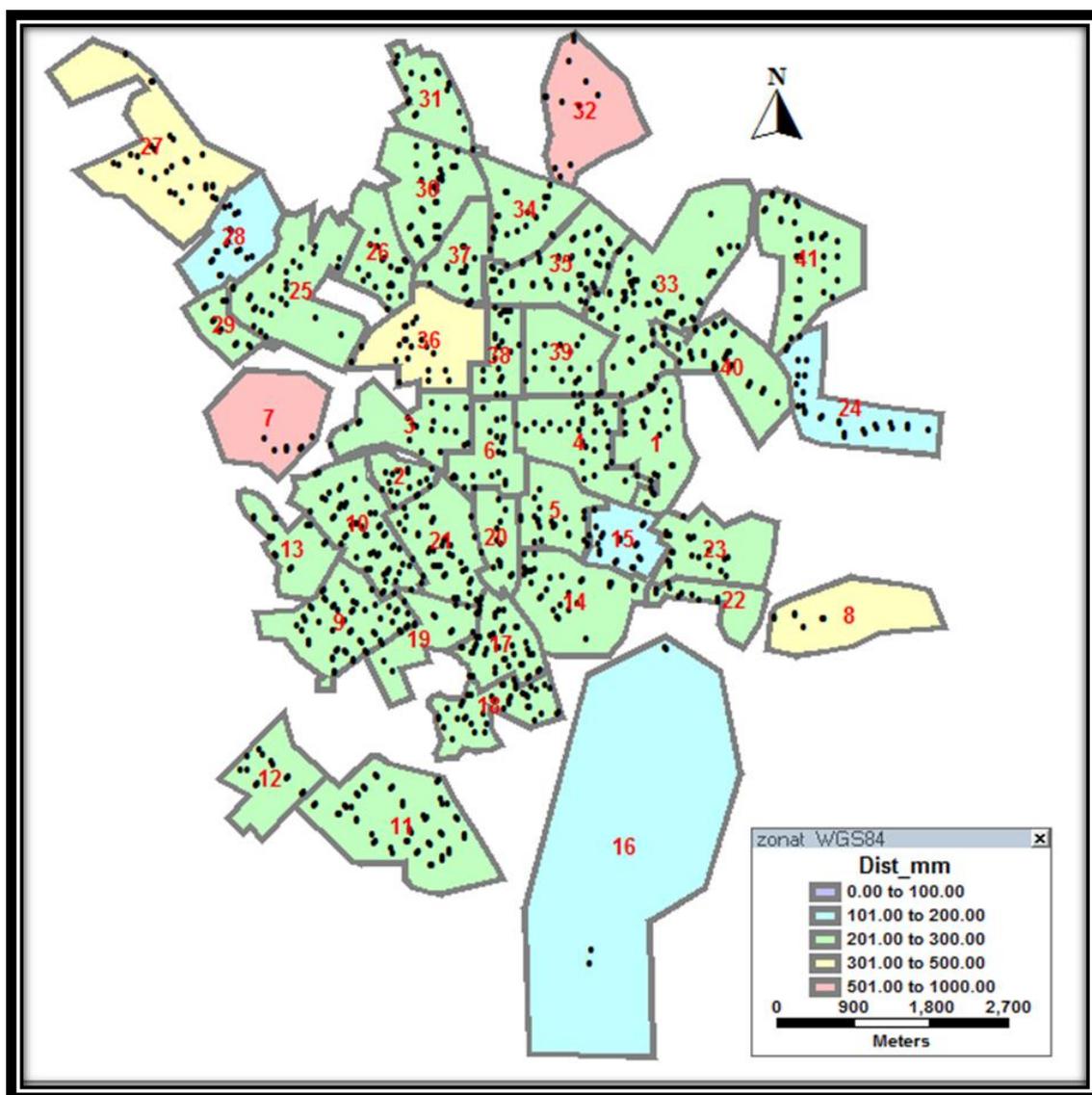


Figura 28- Mapa temático das distâncias médias entre pontos de ônibus.

## **7 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

---

*Os resultados obtidos neste estudo de caso, para a cidade de São Carlos-SP, serão apresentados neste capítulo, concluindo a última etapa, ou seja, a etapa de análise das distâncias entre os pontos de parada e das relações existentes entre a renda média e as distâncias mínimas de caminhada. Serão apresentadas tabelas para facilitar a compreensão dos resultados de forma mais detalhada.*

### **7.1 Análise das médias das distâncias mínimas de caminhada até o ponto de parada mais próximo e a relação existente com a renda de cada zona de tráfego**

De acordo com os mapas da Figura 24 e 27, apresentados no capítulo anterior, pode-se obter alguns resultados com relação à distância de caminhada e à renda de cada setor. A Tabela 5 apresenta todas as zonas de tráfego com suas distâncias médias mínimas de caminhada e a renda média mensal dos usuários de ônibus por zona de tráfego.

Tabela 5- Renda média mensal e distância média mínima por zona de tráfego.

Zonas de Tráfego	Renda Média Mensal (R\$)	Distância mínima média (m)
1	1001,00-1500,00	<110
2	601,00-1000,00	110-300
3	2001,00-10000,00	>310
4	1501,00-2000,00	110-300
5	601,00-1000,00	<110
6	1501,00-2000,00	>310
7	2001,00-10000,00	>310
8	Outros	Outros
9	601,00-1000,00	<110
10	601,00-1000,00	<110
11	0-600,00	110-300
12	0-600,00	110-300
13	601,00-1000,00	110-300
14	601,00-1000,00	110-300
15	1501,00-2000,00	110-300
16	0-600,00	>310
17	601,00-1000,00	<110
18	601,00-1000,00	<110
19	601,00-1000,00	<110
20	1001,00-1500,00	110-300
21	601,00-1000,00	110-300
22	601,00-1000,00	110-300
23	601,00-1000,00	<110
24	601,00-1000,00	110-300
25	1501,00-2000,00	>310
26	1501,00-10000,00	110-300
27	601,00-1000,00	>310
28	601,00-1000,00	110-300
29	0-600,00	110-300
30	1001,00-1500,00	110-300
31	601,00-1000,00	110-300
32	Outros	>310
33	1001,00-1500,00	110-300
34	601,00-1000,00	110-300
35	1001,00-1500,00	110-300
36	2001,00-10000,00	110-300
37	1501,00-2000,00	110-300
38	2001,00-10000,00	110-300
39	2001,00-10000,00	110-300
40	1501,00-2000,00	>310
41	601,00-1000,00	110-300

Nas zonas 1, 5, 9, 10, 17, 18, 19 e 23 onde as distâncias de caminhada são menores que 110 metros, a renda média mensal dos usuários amostrados também é menor, da ordem de um a três salários mínimos. Nas zonas em que as distâncias de caminhada são maiores que 310 metros, a renda média mensal dos usuários também é maior. Para esta classificação existem algumas exceções (zonas 16 e 27) onde a renda é mais baixa, pois na zona 16 existe apenas um usuário e para um melhor resultado seria necessário mais usuários entrevistados. No caso da zona 27, muitos dos usuários não possuem a informação sobre a renda, pois as informações de renda foram adquiridas na base de dados dos censitários do IBGE 2000 e, por serem utilizadas neste estudo as zonas de tráfego, alguns usuários não constam nos setores do IBGE, por isso, também não é uma zona em que podemos afirmar se realmente a renda é baixa.

Foi observado que os usuários que moram em condomínios, as distâncias de caminhada foram maiores que 310 metros, pois na maioria dos condomínios, os pontos de ônibus estão localizados na portaria.

Portanto, pode-se verificar que, dos 1376 usuários de ônibus da cidade de São Carlos-SP, 1072 desses usuários precisam caminhar uma distância de no máximo 300 metros para ter acesso ao sistema de transporte público por ônibus e possuem uma renda média mensal da ordem de 1500,00 reais (três salários mínimos). Em uma distância de caminhada de 300 a 500 metros encontram-se 13% desses usuários e apenas 9% dos usuários precisam caminhar mais que 500 metros para ter acesso ao sistema.

## **7.2 Análise do número de pontos de ônibus**

Outro resultado relevante é o número de pontos de ônibus existentes na cidade que abrange as faixas de caminhada até 100, 300 e 500 metros. A cidade de São Carlos-SP possui 1064 pontos de ônibus, os quais foram agrupados nas 41 zonas de tráfego.

A Figura 29 apresenta o mapa temático, por zonas de tráfego, da porcentagem dos usuários que possuem pelo menos um ponto de ônibus até 100 metros de caminhada. Pode-se perceber que, na maioria das zonas (21), no máximo 25% dos usuários de ônibus possuem um ponto de parada a até 100 metros de suas residências. Em um grande número de zonas (16) esse percentual varia de 25 a 50%.

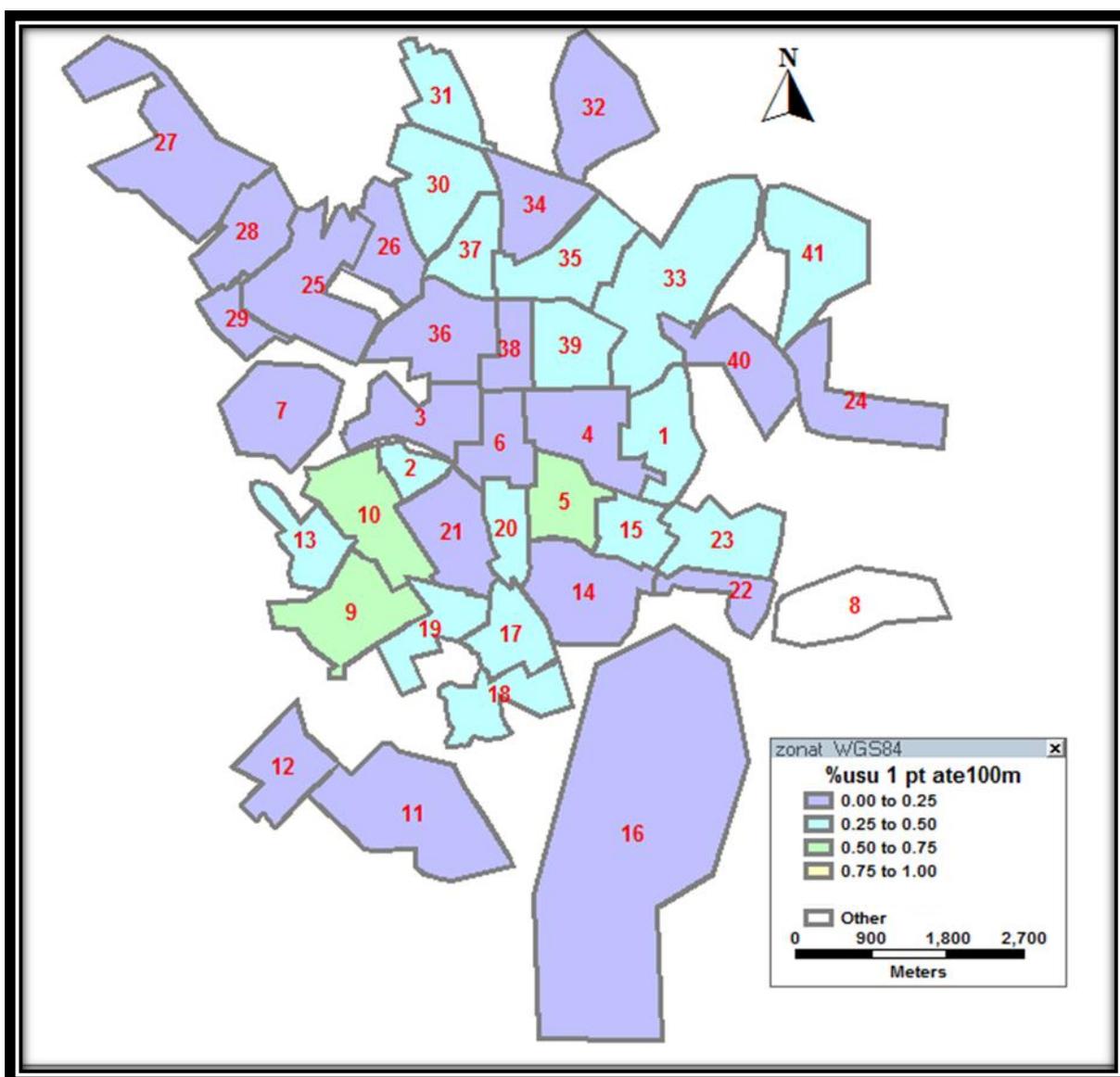


Figura 29- Mapa temático da porcentagem dos usuários que possuem pelo menos um ponto de ônibus até 100 metros de caminhada.

No mapa da Figura 30 é mostrada a porcentagem dos usuários que possuem pelo menos um ponto de ônibus até 300 metros de caminhada. Conclui-se que, na maioria das zonas (23 zonas), 75% a 100% dos usuários possuem pontos de ônibus até essa distância, demonstrando assim que a acessibilidade é considerada boa pelos usuários.

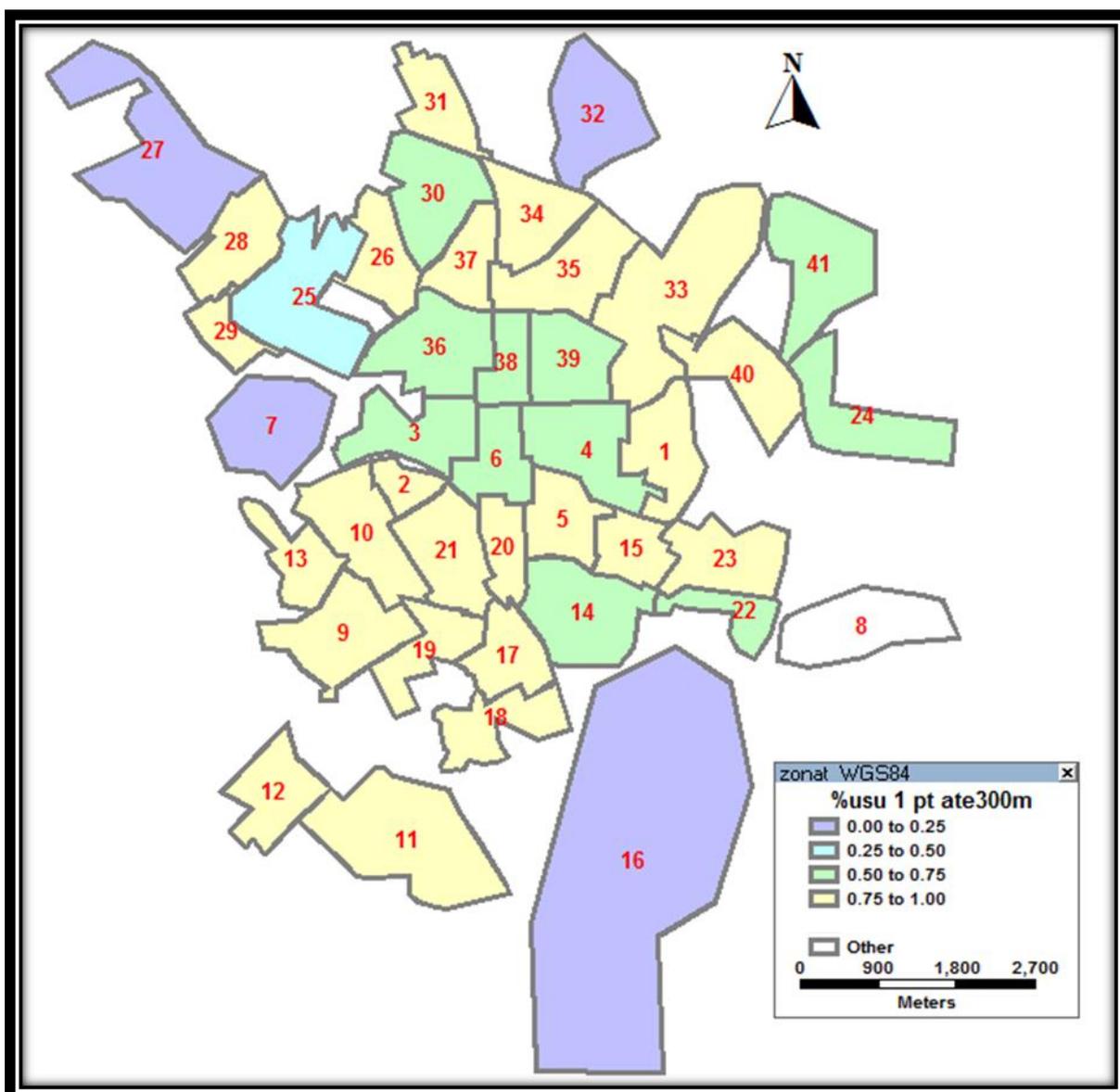


Figura 30- Mapa temático da porcentagem dos usuários que possuem pelo menos um ponto de ônibus até 300 metros de caminhada.

Por fim, o mapa temático da porcentagem dos usuários que possui uma acessibilidade regular, ou seja, os usuários que possuem pelo menos um ponto de ônibus até 500 metros de caminhada, é apresentado na Figura 31. Pode-se concluir que, das 41 zonas de tráfego, 36 apresentam 75% a 100% dos usuários de transporte público com pelo menos um ponto de ônibus numa distância de caminhada de até 500 metros.

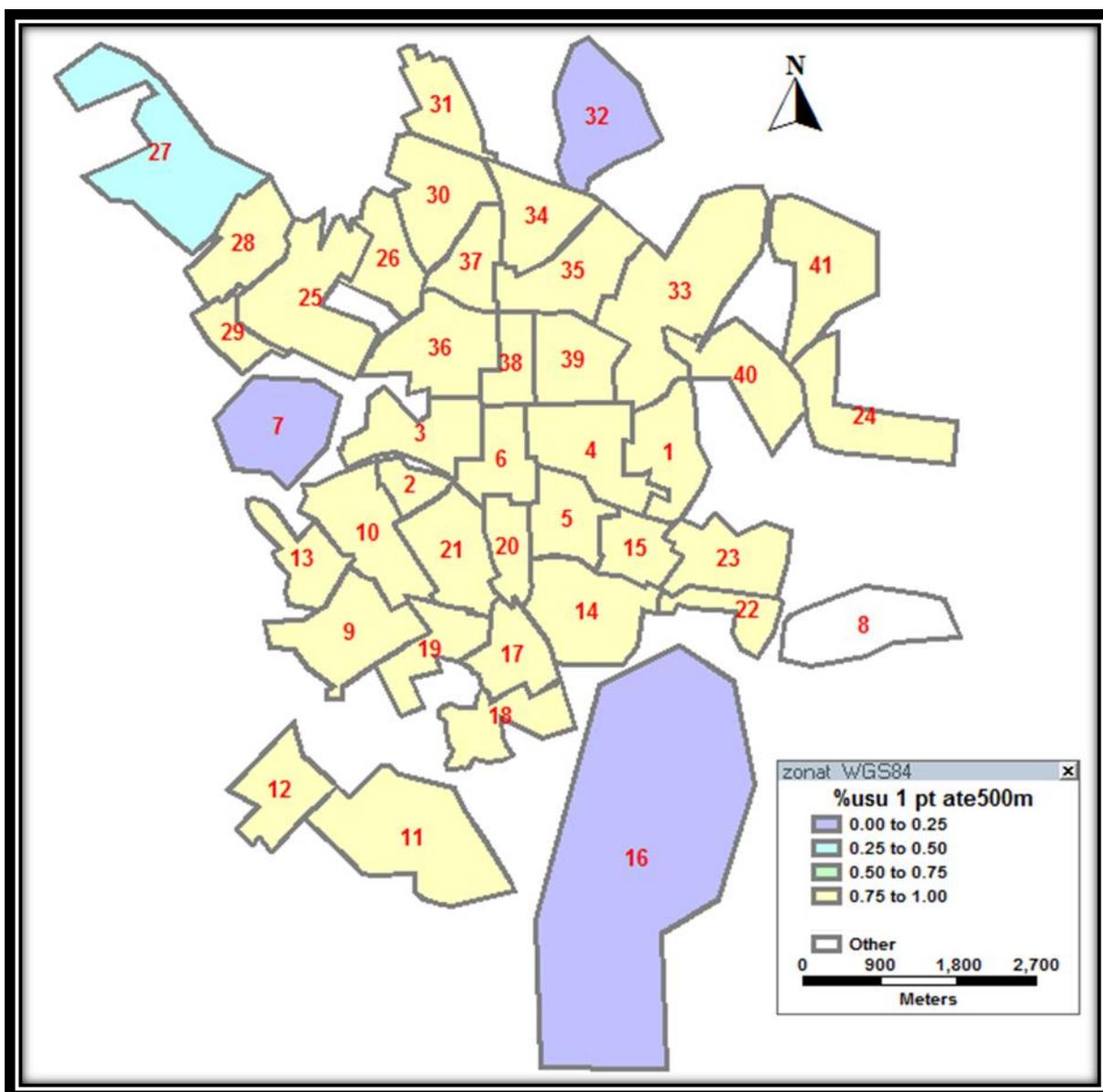


Figura 31- Mapa temático da porcentagem dos usuários que possuem pelo menos um ponto de ônibus até 500 metros de caminhada.

Concluindo esta etapa, pode-se afirmar que quase 100% dos usuários de ônibus amostrados na cidade de São Carlos-SP, possui pelo menos um ponto de ônibus dentro de uma distância de até 500 metros de caminhada a partir de sua residência. Essa distância é considerada regular no ponto de vista dos usuários de transporte público por ônibus (Ferraz e Torres, 2004).

### **7.3 Análise das distâncias mínimas entre os pontos de ônibus e suas distribuições**

Para avaliar as distâncias entre os pontos de paradas foram utilizadas as faixas usuais que para o modo ônibus é de 200 a 600m, de acordo com Ferraz e Torres (2004). As distâncias entre pontos de parada têm grande influência na velocidade operacional dos veículos de transporte público e na acessibilidade ao sistema.

Para finalizar esta etapa foi gerada a Tabela 6, que contém a distância média entre os pontos de parada por zona. Pode-se perceber que a maioria dos pontos de parada da cidade de São Carlos-SP está locada 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 que somente nas zonas 7, 8, 27, 32 e 36 os pontos de parada estão locados numa distância superior a 300 metros.

Tabela 6- Distâncias médias entre pontos de parada por zonas de tráfego.

Zonas	Distâncias Médias entre pontos de parada (m)
1	235
2	245
3	280
4	230
5	220
6	220
7	520
8	395
9	230
10	245
11	240
12	260
13	285
14	245
15	175
16	170
17	220
18	260
19	250
20	215
21	215
22	215
23	230
24	190
25	225
26	205
27	315
28	190
29	230
30	215
31	230
32	395
33	225
34	250
35	220
36	305
37	275
38	235
39	255
40	225
41	230

Como resultado dessa análise, podemos verificar que as distâncias entre os pontos de parada dentro de cada zona estão dentro dos padrões usuais sugeridos por Ferraz e Torres (2004). De acordo com a Tabela 7, a maioria dos pontos de parada distancia-se de 200 a 300 metros.

Tabela 7: Número de pontos de parada que distanciam-se de 0 à 600 metros.

Distância entre os pontos de parada			
	0- 200 m	200-300 m	300-600 m
Número de pontos de ônibus	71	897	77
Porcentagens	6,8%	85,9%	7,3%

## 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

---

*Este capítulo apresenta as principais conclusões das etapas apresentadas ao longo deste trabalho com destaque para a importância do método desenvolvido e dos resultados encontrados após sua implementação. Também serão apresentadas as recomendações para trabalhos futuros nesta área de pesquisa.*

### 8.1 Conclusões

Este estudo teve como objetivo geral desenvolver um método para avaliação da acessibilidade do sistema de ônibus urbano da cidade de São Carlos-SP por meio de registros de viagens com base na localização exata da residência dos usuários até o ponto de parada de ônibus mais próximo. Foi realizada também uma análise da distância entre os pontos de paradas. 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 O-D até o ponto de ônibus mais próximo de sua residência.

Todas as análises foram feitas baseadas na literatura pesquisada e, para este estudo, foram utilizados os padrões da acessibilidade e da distância entre os pontos de parada apontados por Ferraz e Torres (2004).

Um aspecto importante observado neste estudo foi na obtenção dos dados. A cidade de São Carlos-SP possui um grande volume de dados, coletados pela Pesquisa O-D no ano de 2007/2008 e disponível à pesquisadores. Foi verificado ao longo desse estudo que a falta ou inexistência de dados é um problema para outras cidades e, com certeza, inviabiliza esse tipo de estudo. Outra fonte de dados utilizada foi a que a SMTT disponibilizou para o desenvolvimento dessa pesquisa, além dos dados do IBGE disponibilizados na Internet aos usuários.

Um dos problemas enfrentados nos trabalhos é quanto ao georreferenciamento. O analista deve atentar-se para verificar se as fontes de dados estão no mesmo sistema de referência e se há necessidade de executar alguma transformação entre os mesmos. Neste estudo as bases de dados estavam georreferenciadas no sistema SAD-69 e foi necessário transformá-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.

Analisando os resultados obtidos neste estudo conclui-se que a cidade de São Carlos-SP, em geral, possui uma boa acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus. 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 modal 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 numa próxima Pesquisa O-D estas zonas devem ser melhores investigadas.

Em relação à renda média mensal dos usuários de transporte público de São Carlos-SP, pode-se concluir que a maioria dos usuários possui uma renda média mensal de até três salários mínimos.

Por influenciar na velocidade de operação e, conseqüentemente, no tempo e no custo, a locação dos pontos de parada também foi um dos objetivos deste estudo. Na análise da distribuição dos pontos de ônibus, pode-se concluir que a

cidade de São Carlos-SP oferece uma distribuição que está dentro dos padrões considerados por Ferraz e Torres (2004), ou seja, 85,9% dos pontos de parada distam-se de 200 à 300 metros.

Na cidade de São Carlos-SP, a maioria dos usuários do sistema de transporte público por ônibus possui pelo menos um ponto de ônibus na ordem de 300 metros de caminhada, ou seja, possui uma acessibilidade considerada boa pelos usuários. São poucos os usuários que não possuem pelo menos um ponto de ônibus a 500 metros de caminhada de sua residência.

O método desenvolvido neste trabalho teve por objetivo avaliar a acessibilidade do sistema de ônibus de São Carlos-SP e assim contribuir com o poder público municipal no planejamento urbano da cidade. Consideramos ter alcançado os objetivos iniciais propostos.

## **8.2 Recomendações**

Um dos principais objetivos deste trabalho foi desenvolver um método para avaliação da acessibilidade do sistema de ônibus da cidade de São Carlos-SP para auxiliar no planejamento urbano de cidades médias. Para que o método seja mais confiável são necessários testes em outras cidades, pois cada cidade possui suas próprias características.

Foram encontradas restrições durante a elaboração deste trabalho, tais como: os dados sobre a localização dos pontos de ônibus não terem sido coletados de forma precisa, dificultando saber qual a real distância de caminhada e as bases de dados utilizadas não terem se apresentado no mesmo sistema de referência. Portanto, recomendamos que nas pesquisas realizadas pela SMTT, a posição geográfica seja determinada por geotecnologias atualizadas, para solucionar o primeiro problema e que todas as bases a serem trabalhadas estejam georreferenciadas no mesmo sistema de referência para evitar distorções e erros, assim solucionando a segunda restrição. Ressaltamos ainda a necessidade de se

verificar preliminarmente todas as informações cartográficas dos dados para que não haja prejuízo dos resultados oriundos das análises geográficas.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ANTP, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. O Transporte Público e o trânsito para uma cidade melhor, 2002.

ANTP, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS: [http://hist.antp.org.br/telas/congresso\\_transito\\_transporte2.htm](http://hist.antp.org.br/telas/congresso_transito_transporte2.htm). Acesso em 10 de dezembro, 2010.

BATISTA, J. F. Alternativas de redes multimodais para o Transporte Público na Zona Oeste da região Metropolitana de Fortaleza. 131 f. (Mestrado), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

CALIPER TransCAD - Transportation GIS Software, User's Guide, Version 4.8 for Windows, Caliper Corporation, Newton, EUA, 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. (Master) - The Department of Geography and Anthropology, Visvesvaraya Technological University, Visvesvaraya, 2006.

DEMETSKY, M. J. Bus stop location and design. Transportation Engineering Journal of ASCE [S.l.], v. 108, n. TE4, p. 313-327, 1982.

FERRAZ, A.C.P.; TORRES I. G. E. Transporte Público Urbano. 2ª edição. ed. São Carlos: Rima, 2004.

FERREIRA, T. A. Uma configuração do espaço urbano do município de São Paulo, por meio dos itinerários das linhas de ônibus: Paisagens urbanas e Memórias dos itinerários (1960-1985). 284 f. (Doutorado) - História, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GOMIDE, A. A. Mobilidade urbana, iniquidade e políticas sociais. IPEA, 2006.

HENRIQUE, C. S. Diagnóstico espacial da mobilidade e da acessibilidade dos usuários do Sistema integrado de transporte de Fortaleza. 178 f. (mestrado) - Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

HOTTA, L. H. Avaliação comparativa de tecnologia de transporte público urbano. 106 f. (Mestrado) - Transporte, Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Censo Demográfico 2000. Agregado por Setores Censitários dos Resultados do Universo. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 31 abr., 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística , Países, 2010.  
[<http://www.ibge.gov.br/paisesat/main.php>]

KREMPI, A. P. Explorando Recursos de Estatística Espacial para Análise da Acessibilidade da Cidade de Bauru. Dissertação de Mestrado em Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. Programa de Pós Graduação em Transportes, 2004.

LITMAN, T. Social inclusion as a transport planning issue in Canada. Victoria, Victoria Transport Policy Institute, 2003.

MELO, J.C. Planejamento dos transportes. São Paulo, Mcgraw Hill do Brasil, 1975.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Guia de Mobilidade Urbana. Disponível em: <http://www.pmt.pa.gov.br/0002/acessiburbmcidades.pdf>. Acesso em: 13 de janeiro , 2011.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Implantação de sistemas de transportes acessíveis, 2006.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Desenvolvimento do Guia PlanMOB para orientação aos órgãos gestores municipais na elaboração dos Planos Diretores de Transporte e da Mobilidade, 2007.

PEREIRA, L. A. Atualização da rede GPS de São Carlos e a avaliação do método “PPP” em comparação com o ajustamento de redes geodésicas. 145 f. (Mestrado) – Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, 2007.

PILON J. A.; XAVIER A. A. P. O emprego de microônibus na melhoria da acessibilidade ao sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória-ES. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 2006.

PRADO J. P. B.; PASSINI E. Y. O sistema de transporte coletivo urbano de Maringá: estudo da realidade e das possibilidades. Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá. Acta Scientiarum: human and social sciences v. 25, n. 1, p. 165-174, 2003.

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, 200. 217p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

RODRIGUES DA SILVA, A. N. Pesquisa origem-destino da cidade de São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo-USP, 2008.

RODRIGUES, M. O. Avaliação da qualidade do transporte coletivo da cidade de São Carlos. (Mestrado) - Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo-USP, São Carlos, 2006.

TEIXEIRA, G. L. Uso de dados censitários para identificação de zonas homogêneas para planejamento de transportes utilizando estatística espacial. 169 f. (Mestrado) - Departamento de engenharia civil e ambiental, Faculdade de Tecnologia - Universidade de Brasília Brasília, 2003.

YIN, R. K. Estudo de caso- Planejamento e Métodos. Porto Alegre 3ª edição. ed.: Bookman, 2005.

ZARATTINI, C. Circular (ou não) em São Paulo. Revista dos Transportes Públicos. São Paulo, nº 101, p. 47-64. 2003.

ZAHO, F., M.T. LI, and L. F. CHOW. FSUTMS Mode Choice Modeling: Factors Affecting Transit Use and Access: National Center for Transit Research, Florida Department of Transportation, 2002.