

IMPACTOS DA HIERARQUIA VIÁRIA ORIENTADA PARA O AUTOMÓVEL NO NÍVEL DE SERVIÇO DE MODOS NÃO MOTORIZADOS

Vanessa Naomi Yuassa

Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos
São Paulo - SP - Brasil
vnyuassa@sc.usp.br

Nair Cristina Margarido Brondino

UNESP - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências - Departamento de Matemática
Bauru - SP - Brasil
brondino@fc.unesp.br

Antônio Néson Rodrigues da Silva

Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos
São Paulo - SP - Brasil
anelson@sc.usp.br

RESUMO

O objetivo desse trabalho é a verificação da hipótese de que, ao se basear na hierarquia viária direcionada ao automóvel, as estratégias de planejamento urbano e de transportes vigentes produzem impactos negativos no nível de serviço de outros modos de transporte, sobretudo os modos não motorizados. O método proposto, aplicado em um estudo de caso realizado na cidade de São Carlos, no estado de São Paulo, envolveu três etapas: (1) caracterização dos níveis de serviço das redes urbanas em análise para os modos a pé, bicicleta e automóvel; (2) análise exploratória dos resultados obtidos na etapa inicial através de geração de mapas e gráficos; e (3) comparação detalhada dos valores obtidos. Foram selecionadas cinco áreas de diferentes níveis de renda para o estudo de caso. Em cada uma delas foram identificados distintos tipos de vias (local, coletora, radial, estrutural e perimetral), e selecionados segmentos para compor uma amostra de 30 % da extensão total das vias. A primeira atividade exigiu o desenvolvimento e adaptação de metodologias para a avaliação do nível de serviço dos modos considerados no estudo. Mais de trezentos e cinquenta segmentos de vias foram examinados. Os resultados obtidos na análise exploratória apontaram que inúmeros segmentos com altos valores de NS para o modo automóvel tinham baixos valores de NS para o modo a pé, o que em princípio confirma a hipótese inicial. As análises detalhadas deram suporte a essa avaliação. No entanto, se restringiram às vias locais, o que aponta para a necessidade de estudos complementares nos demais tipos de vias.

PALAVRAS-CHAVE: modos não motorizados, nível de serviço, hierarquia viária.

1. INTRODUÇÃO

Os grandes centros urbanos apresentam sérios problemas relacionados à perda da qualidade de vida, como a queda da mobilidade e acessibilidade, os grandes congestionamentos, os altos índices de acidentes e a degradação do meio ambiente. Isso se deve ao pouco incentivo das políticas públicas em prol da mobilidade sustentável, principalmente no que diz respeito aos sistemas de circulação de pedestres ou ao uso de veículos não motorizados. Nas últimas décadas, no entanto, iniciou-se um processo de retomada do planejamento da mobilidade urbana através da mudança de enfoque, inclusive na legislação. Sobretudo nas cidades européias, foram realizadas amplas revisões e avaliações de conceitos relacionados à mobilidade intra-urbana com o intuito de promover planos sustentáveis de locomoção. Essas ações influenciam diretamente nos níveis de acessibilidade urbana através da promoção de intervenções urbanas, que vão desde uma crescente impedância para a circulação de automóveis até incentivos para utilização de modos não motorizados.

No Brasil existem iniciativas recentes de estímulo à elaboração de planos estratégicos de mobilidade urbana. Um exemplo é o Guia para a elaboração do PlanMob - Plano Diretor de Transporte e da Mobilidade, desenvolvido pelo Ministério das Cidades (2007). No entanto, embora esse guia apóie projetos de sistemas de circulação para modos não motorizados, não busca apontar as causas das deficiências que os sistemas existentes apresentam. Essa é também a tônica da maioria dos estudos que se dedicam aos modos não motorizados, que se concentram apenas em projetos de infra-estrutura. De forma a complementar esses estudos, o objetivo do presente trabalho é verificar a hipótese de que o planejamento direcionado ao modo automóvel deteriora o nível de serviço (NS) dos modos não motorizados. Isto é feito através de um estudo de caso realizado na cidade de São Carlos, SP, Brasil.

O trabalho proposto inicia-se por uma breve introdução. Na seqüência é apresentada uma análise da literatura relacionada às metodologias para avaliação do nível de serviço dos modos automóvel, a pé e bicicleta. São apresentadas as características gerais da cidade onde foi conduzido o estudo de caso e detalhes dos critérios adotados para a escolha das áreas analisadas. Em seguida é feita uma análise preliminar dos resultados do diagnóstico das redes para os três modos e uma análise mais detalhada dos casos para as quais se dispunha de mais dados. Por fim, são apresentadas as conclusões do estudo, que traz ainda recomendações para trabalhos futuros.

2. AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO DE MODOS DE TRANSPORTE

Nesta seção é apresentada uma breve revisão de alguns dos métodos disponíveis na literatura para a determinação do nível de serviço (NS) dos modos automóvel, a pé e bicicleta.

2.1. Modo automóvel

Desde a década de cinquenta do século vinte, a análise do nível do serviço gerou o interesse de engenheiros de tráfego e planejadores para descrever a condição operacional das vias. Somente em 1965 o *Highway Capacity Manual* (HCM)

desenvolveu medidas qualitativas, conhecidas como nível de serviço - *Level of Service* (LOS, ou NS, em português). Após várias adaptações, o interesse em escala internacional pelo NS surgiu nos anos noventa, época em que foram apresentadas novas formulações e o incremento de outros parâmetros nas medidas. Em decorrência disso houve um aumento do esforço em incorporar ao HCM resultados de pesquisas visando propor procedimentos aplicáveis, inclusive, em países fora da América do Norte (TRB, 2000).

O método HCM2000 para determinar o NS de vias urbanas consiste basicamente em medidas de desempenho de um segmento de rua, com base na velocidade média de viagem, no número de semáforos por quilômetro e no tempo de ciclo dos semáforos. Segundo Flannery *et al.* (2005), o NS pode ser considerado uma medida indireta de satisfação do usuário.

2.2. Modo a pé

Com o advento e popularização do automóvel, as calçadas são cada vez mais apresentadas como locais não regulamentados, quando comparadas com as vias para veículos motorizados. A maior parte das áreas destinadas aos pedestres é estreita, com superfície irregular e freqüentemente encontra-se mal conservada. Além disso, muitas calçadas são invadidas por atividades como: postos de conveniência, postos de gasolina, cafés, etc. Em decorrência disso, Sarkar (1993) observa que muito esforço foi feito para proteger e dar preferência ao tráfego veicular, aumentando o conforto e conveniência de motoristas.

Somente nas últimas décadas as áreas destinadas aos pedestres foram pesquisadas como alternativa de locomoção ao modo motorizado. Desde então são encontradas várias metodologias, com diferentes parâmetros e formas de avaliação. Como consequência, há certa dificuldade de obter um consenso na padronização das metodologias. As metodologias de Fruin (1971a) e do TRB (1985), por exemplo, usam o nível de serviço do automóvel para caracterizar o nível de serviço das calçadas. Fruin (1971b) foi o pioneiro a quantificar a facilidade do pedestre ao estudar parâmetros como: anatomia humana, campo de visão, distância confortável entre corpos dependendo do relacionamento para com a outra pessoa, locomoção em escadas e percepção psicológica do espaço urbano. Anos mais tarde, em 1985, o HCM foi acrescido de um guia para o pedestre visando à elaboração do projeto de calçadas, baseado na metodologia de Fruin (1971a).

Nesse contexto, em meados dos anos noventa, duas metodologias foram apresentadas: (1) Sarkar (1995) buscou tornar as calçadas e interseções urbanas seguras para grupos de usuários considerados vulneráveis; (2) Dixon (1996) visou avaliar os espaços destinados aos pedestres em corredores viários. Esses trabalhos, além de analisar volume e capacidade, como proposto no HCM, incluem medidas qualitativas para caracterizar algumas variáveis subjetivas, tais como: seguridade, segurança, conforto, conveniência, continuidade, coerência do sistema e atratividade.

Por outro lado, as metodologias de Khisty (1995) e Ferreira e Sanches (2001) possuem em comum o objetivo de avaliar os elementos qualitativos dos espaços para pedestres, sob avaliação do ponto de vista dos usuários. Nessas metodologias as medidas de

desempenho usadas para caracterizar o NS do pedestre são baseadas em variáveis subjetivas, como: atratividade visual, conforto, continuidade do sistema, segurança e seguridade.

2.3. Modo bicicleta

Diferentemente do modo automóvel, em que existe a predominância da utilização do HCM como metodologia de determinação do nível de serviço, várias são as metodologias aplicadas para descrever o NS para os ciclistas (Landis *et al.*, 2003). O NS das vias coletoras e arteriais é baseado na medição das respostas humanas ao estímulo do tráfego da via. A maioria dos métodos está embasada nos trabalhos de Landis (1994), Davis (1987), Sorton e Walsh (1994), Epperson (1994) e Landis *et al.*, (1997).

Segundo Carter *et al.* (2006), as metodologias de avaliação de nível de serviço podem ser subdivididas em duas vertentes, entre os estudos que incorporam a análise de acidentes para determinar o nível de risco dos ciclistas (Hunter *et al.*, 1995, e Wang e Nihan, 2004), e os estudos que levam em consideração as características da via ou interseção, e que podem tornar um local atrativo para usuários de bicicleta. As principais metodologias relacionados à compatibilidade são: Botma (1995), HCM (TRB, 2000), Davis (1987), Epperson (1994), Sorton e Walsh (1994), Landis (1994), Dixon (1996) e Hunter *et al.* (1999).

Até 1980 os fatores comumente usados para quantificar a qualidade do nível de serviço oferecido aos ciclistas eram: velocidade, liberdade de manobra, interrupções de tráfego, conforto, conveniência e segurança (Epperson, 1994). Após 1980, alguns trabalhos foram desenvolvidos com base nas condições das vias (Epperson, 1994; Sorton e Walsh, 1994; Dixon, 1996; Landis *et al.*, 1997), através dos seguintes critérios de avaliação: volume de tráfego, largura da faixa, limite de velocidade, condição do pavimento e localização da via (Turner *et al.*, 1997). Somente com as metodologias de Hunter *et al.* (1995) e Wang e Nihan (2004) a análise do risco de acidente passou a ser considerada.

2.4. Críticas às metodologias existentes

Um dos objetivos da determinação dos NS para o automóvel é possibilitar melhores decisões quanto ao investimento em transportes; aumentando a probabilidade de sucesso dos projetos. Nesse contexto, o *Highway Capacity and Quality of Service Committee* (TRB, 2000) reconhece formalmente a necessidade de que as metodologias para a avaliação do NS reflitam o ponto de vista do usuário. Kittelson e Roess (2001) fazem uma ressalva ao HCM, pois a determinação do NS não tem fundamento em estudos baseados no ponto de vista do usuário - o que se justifica pela dificuldade em medir e interpretar a reação dos motoristas e passageiros em situações reais. Além disso, pode ser citado como problema para manter a fidelidade ao HCM o fato das bases de pesquisa, dos valores dos parâmetros e das aplicações serem característicos da América do Norte, particularmente dos Estados Unidos. Nesse sentido, torna-se necessária a calibração das equações e dos procedimentos às circunstâncias locais.

No caso do modo a pé, mesmo as metodologias que usam variáveis subjetivas para determinar o NS apresentam problemas de padronização de parâmetros. Além disso, essas metodologias não consideram grupos de pedestres com restrições de mobilidade, mas sim um pedestre padrão. Outro ponto importante para a avaliação do NS do modo a pé é a consideração do ponto de vista do usuário, como o caso das metodologias de Khisty (1995) e Ferreira e Sanches (2001). A vantagem dessa consideração é a melhor caracterização da realidade urbana através da calibração dos parâmetros para cada medida de desempenho usada na metodologia. No entanto, a etapa de calibração exige custo e tempo excessivos para a coleta de opinião dos usuários. Além disso, as metodologias não consideram o risco do pedestre na travessia em interseções. Também não atentam ao risco de atropelamento do pedestre na presença de impedância na calçada que o force a alterar a sua rota, obrigando-o a usar a via do automóvel. Nas cidades brasileiras é comum a verificação desses tipos de situações, que tornam maiores os riscos de atropelamento do pedestre.

No caso da bicicleta, as metodologias que avaliam as características das vias e que avaliam o risco de acidentes nas interseções apresentam restrições quanto à obtenção das variáveis fluxo, velocidade e diferença de velocidade entre bicicletas e automóveis. Essas restrições se devem ao alto custo de coleta de dados e a não padronização dos parâmetros usados para definir o NS do modo bicicleta, como ocorre para o modo automóvel. Também é importante considerar o ponto de vista do usuário, como proposto em Landis *et al.* (1997). No entanto, tanto o custo como o tempo para a realização da coleta de opinião dos usuários são altos. Observa-se que a metodologia de Dixon (1996) apresenta facilidade na coleta de dados e na aplicação, porém, ao avaliar os corredores apresenta um certo viés, uma vez que o método atribui valores elevados para a variável “infra-estrutura para bicicleta” (ciclovia e ciclofaixa). As cidades latino-americanas de médio porte, em geral, não possuem infra-estruturas para o ciclista. Como consequência disso, as pontuações obtidas pela metodologia de Dixon (1996) seriam muito próximas e com baixos valores, o que dificulta a análise dos resultados.

Das análises das metodologias existentes para determinar o NS dos modos automóvel, a pé e bicicleta, identificou-se a necessidade de adaptação das mesmas para a aplicação aqui proposta. A forma como se dá essa adaptação, cujos detalhes podem ser obtidos em Yuassa (2008), será brevemente discutida no item a seguir, que trata da metodologia adotada no presente estudo.

3. MÉTODO

As regiões escolhidas para o estudo situam-se na cidade de São Carlos, com cerca de 210 mil habitantes em 2007. A cidade, de porte médio, apresenta crescimento demográfico intenso, comum a várias cidades do interior de São Paulo com população entre 100.000 e 500.000 habitantes. O crescimento da cidade de São Carlos ocorreu de forma compacta até o ano de 1950. Com o passar do tempo foi verificado um crescimento muito intenso e disperso, que chegou mesmo a levar a uma duplicação da área inicial (aquela até 1940) entre os anos de 1950 e 1960.

A malha viária da cidade de São Carlos apresenta grandes discontinuidades, como consequência do crescimento desordenado ocorrido após a década de 50. Dessa forma, ao gerar mapas de ocupação dos terrenos da cidade de São Carlos, são observados

grandes vazios urbanos. Essas áreas são, em geral, uma consequência da especulação imobiliária e geram infra-estrutura ociosa. Em paralelo, houve um processo de segregação sócio-espacial da população por faixas de renda. A população de menor poder aquisitivo passou a ocupar a periferia e áreas clandestinas, carentes de infra-estrutura, inclusive de transporte coletivo.

O diagnóstico das redes para os modos a pé, bicicleta e automóvel permite caracterizar os problemas gerados pela vinculação da hierarquização viária ao automóvel. Para realizar esse diagnóstico foram propostos os seguintes procedimentos:

- Caracterização dos níveis de serviço das redes em análise, através do levantamento das metodologias existentes de avaliação da qualidade do nível de serviço dos modos de transportes. No caso dos modos a pé, bicicleta e automóvel foi constatada a difícil aplicabilidade das metodologias existentes, sendo sugerida uma adaptação da metodologia de Dixon (1996) para os três casos.
- Análise exploratória dos resultados obtidos através de mapas, tabelas e gráficos.
- Comparação dos valores obtidos através de uma análise estatística dos resultados, onde aplicável.

Para o modo a pé, os critérios adotados foram baseados na metodologia de Sarkar (1995), de Ferreira e Sanches (2001) e no próprio levantamento de campo realizado na cidade de São Carlos. No total foram considerados oito elementos de avaliação, tendo sido mantidos na forma original apenas amenidades ao longo da via e manutenção. Outros foram parcialmente adaptados, tais como: infra-estrutura disponível ao pedestre e conflitos. Por último, foram adicionados: tipo de material utilizado, percepção de seguridade, conforto, fluxo de carros na via paralela à calçada. Cada uma dessas variáveis recebia uma pontuação positiva ou negativa, de acordo com critérios preestabelecidos. O item manutenção, por exemplo, recebia dois pontos positivos se não apresentasse problemas. Por outro lado, perdia dois pontos se apresentasse problemas graves ou frequentes, e não ganhava nem perdia pontos se apresentasse apenas problemas pequenos ou ocasionais. O mesmo raciocínio se aplica para os três modos.

Para o modo bicicleta, os critérios foram também baseados na metodologia de Sarkar (1995) e no próprio levantamento de campo em São Carlos. Foram doze os elementos avaliados. Diferencial de velocidade entre veículos motorizados e bicicletas e manutenção das vias foram os elementos de avaliação mantidos. Somente o fator conflitos foi parcialmente adaptado. Foram adicionados: amenidades ao longo da via, fluxo de veículos, declividade da via, tipo de pavimentação, percepção de seguridade, localização de árvores e mobiliário urbano, largura da faixa, moderador de velocidade, sentido da via e sinalização viária.

Para o modo automóvel, a base foram os critérios do HCM (TRB, 2000) e também os dados de campo de São Carlos. Foram quinze os elementos de avaliação adotados: relação velocidade/fluxo, moderadores de velocidade, localização de estacionamentos, distância entre as áreas de estacionamento e faixa de rolamento da via, localização das calçadas, tipo de inclinação vertical da via (rampa), comprimento da rampa (inclinação vertical), sentido da via, sinalização viária, superfície da via, condição da superfície da

via, traçado da via, continuidade da via, número de faixas por sentido e largura das faixas.

Uma vez definidas as metodologias a serem adotadas para a determinação do NS dos três modos considerados (a pé, bicicleta e automóvel), foi realizada uma aplicação das mesmas ao estudo de caso, de forma a avaliar a hipótese formulada. A escolha das cinco áreas da cidade de São Carlos para a aplicação das metodologias de avaliação do nível de serviço dos três modos considerados (a pé, bicicleta e automóvel) seguiu os seguintes critérios:

- a) Padrões de edificação distintos (alto, médio/alto, médio, médio/baixo, baixo e popular).
- b) Loteamentos anteriores a 1970, de forma a evitar um período de urbanização dispersa que ocorreu na cidade de São Carlos.
- c) Proporção de vazios urbanos baixa, ou seja, áreas de ocupação intensa.
- d) Áreas separadas fisicamente (preferencialmente não contíguas).
- e) Pelo menos quatro dos cinco tipos distintos de vias considerados (local, coletora, radial, estrutural e perimetral).

Na seleção das áreas para composição da amostra não foram considerados condomínios fechados, campi universitários, áreas vazias e áreas fora do perímetro urbano, que possuem acesso restrito. A partir das restrições, as áreas foram definidas para atender de forma satisfatória aos critérios acima, particularmente aos itens b), c) e e). Como os bairros com padrão de edificação popular não possuíam mais do que dois tipos de vias, não foi possível incluí-los entre as áreas amostradas. Os detalhes das áreas selecionadas se encontram na Tabela 1.

A partir de uma análise preliminar global dos resultados, foi feita uma avaliação individual das cinco áreas consideradas, seguida de uma análise ainda mais detalhada dos resultados relacionados às vias locais, para as quais o levantamento de dados foi mais extensivo. A hipótese de igualdade de medianas foi testada através de um teste não paramétrico, o Teste da Mediana. Para usar um teste paramétrico para analisar a diferença entre médias, houve a necessidade de se construir, a priori, testes para estudar a distribuição das variáveis e igualdade de variâncias. No caso de variáveis independentes, normalmente distribuídas e homogeneidade de variâncias, aplicou-se um teste F, através da utilização de uma Tabela de Análise de Variância (ANOVA). Por tratar-se de teste paramétrico, o teste F apresenta um resultado mais robusto. Para analisar a suposição de Distribuição Normal, os resíduos foram analisados através da construção de histogramas e dos Testes de Normalidade de Anderson-Darling.

Para testar a hipótese de igualdade de variâncias, procedeu-se ao Teste de Levene. A não obediência das três suposições básicas pode corromper as conclusões do teste F. Desta forma, se uma das suposições básicas do modelo não é respeitada, restam duas alternativas: a primeira é utilizar transformações nos dados e a segunda é a utilização de testes não paramétricos para a média. Neste trabalho, nos casos em que não foi possível a utilização da ANOVA, optou-se pela aplicação de um teste não paramétrico, o Teste de Kruskal-Wallis. Nos casos em que a ANOVA foi utilizada e a hipótese de igualdade de médias foi rejeitada, foi realizada uma comparação de médias duas a duas, através de testes de Tukey para comparações múltiplas.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a coleta dos dados em campo foram selecionados aleatoriamente segmentos das cinco zonas escolhidas, de forma a compor uma amostra correspondente à cerca de 30 % do comprimento total das vias de cada tipo e em cada área. Os resultados obtidos, que somam 363 segmentos nas cinco áreas analisadas, tiveram os valores normalizados entre zero e dez. Zero corresponde à pior situação e dez à melhor situação e não foram estabelecidas classes de NS. Esse procedimento foi necessário para permitir comparações entre os resultados obtidos para os três modos, dado que as escalas não são iguais (pode chegar ao valor máximo de 28 pontos para o modo a pé, 26 para bicicleta e 20 para automóvel). Além da divisão por áreas, os resultados são apresentados de acordo com o tipo de via, conforme a classificação da Figura 1.

4.1. Análise preliminar dos resultados

A partir dos resultados do trabalho de campo pôde-se analisar o comportamento do nível de serviço para as vias consideradas na cidade de São Carlos. Isto foi feito inicialmente através da geração de mapas dos níveis de serviço de cada modo (como no exemplo da Figura 2, para o modo a pé), que conjuntamente com o mapa de hierarquia viária (Figura 1), permite observar o comportamento dos níveis de serviço de acordo com o tipo de via. Gráficos, como os da Figura 3, e *box plots* complementaram a informação dos mapas, permitindo a visualização da variação do nível de serviço através das médias e desvios padrões observados nas diferentes vias, áreas e modos de transportes.

Através de uma análise preliminar dos dados coletados observou-se que, para o modo a pé, os melhores níveis de serviço encontravam-se nas vias locais. Em contrapartida, as vias perimetrais apresentavam os piores níveis de serviço para esse modo. Em muitos casos, as vias perimetrais atuam como uma barreira física para o pedestre no momento da travessia, devido à presença de um córrego no centro da via. Essa barreira, associada ao alto fluxo de veículos em alta velocidade e poucos dispositivos para a redução dessa velocidade, não possibilita travessias seguras.

Observou-se também que as vias radiais, estruturais e perimetrais apresentam os maiores NS para o modo bicicleta. Essas vias apresentam fluxos de veículos médios e/ou altos, dependendo do período do dia. Além disso, apresentam as seguintes características: sentido único (ou, quando duplo, separado por canteiro central), estacionamento localizado em um lado da pista, bom estado de conservação na maioria dos trechos e presença constante de pedestres e ciclistas.

Pode-se verificar ainda uma concentração dos melhores níveis de serviço para o modo automóvel nas vias radiais, estruturais e perimetrais. Em contrapartida, os piores níveis de serviço foram observados nas vias locais e coletoras. Esse resultado é semelhante ao observado para o modo bicicleta, o que poderia ser de certa forma antecipado, já que ambos os modos compartilham da mesma infra-estrutura.

Pôde-se fazer também uma comparação dos valores de NS observados nas diferentes áreas. Como essas áreas estão associadas a diferentes níveis de renda, perceptíveis

através dos padrões das edificações, foi possível fazer algumas suposições acerca das relações existentes entre os níveis de serviço e de renda. Dois elementos foram analisados nesse caso, para os três modos e para os cinco tipos de via: a variação das médias e a variação em torno da média nas cinco áreas estudadas. Desta forma, a variação das médias nas cinco áreas estudadas permitiu avaliar, ainda que superficialmente, se o nível de serviço guarda alguma correlação com o nível de renda.

Para o modo a pé, pôde-se observar que não existe uma variação expressiva dos valores médios de NS nas vias locais e perimetrais. Nas vias coletoras e radiais, o valor médio do NS parece aumentar com a renda da área. Nas vias estruturais essa relação é inversa, ou seja, os maiores NS correspondem às zonas de padrão inferior. Com relação à variação em torno das médias, ela é grande para as vias locais, estruturais e perimetrais e variável para as vias coletoras e radiais.

Para o modo bicicleta, constatou-se que não existe uma variação expressiva dos valores médios de NS nas vias radiais. Nas vias locais, coletoras e perimetrais, o valor médio do NS parece aumentar com a renda da área (com algumas exceções nas vias locais e perimetrais e das vias estruturais). Com relação à variação em torno das médias, ela é grande para as vias locais, pequena para as vias perimetrais, e variável para as vias coletoras, radiais e estruturais. Para o modo automóvel praticamente se repete o que foi observado para o modo bicicleta.

Analisando-se cada tipo de via separadamente, observou-se que as vias locais apresentam grande variação em torno da média para os três modos considerados. No caso das vias coletoras, há grande variação em torno da média para o modo a pé nas áreas 14 e 37, para o modo bicicleta nas áreas 14, 33 e 37 e para o modo automóvel nas áreas 19, 33 e 37. A área 36 apresenta pequena variação em torno da média para todos os modos (além da área 33 no modo a pé). As vias radiais apresentam grande variação em torno da média para o modo a pé nas áreas 19 e 37, para o modo bicicleta nas áreas 19, 33 e 37 e para o modo automóvel nas áreas 14, 19 e 37. A área 36 apresenta novamente pequena variação em torno da média para todos os modos, além da área 33 para os modos a pé e automóvel, e da área 14 para o modo bicicleta.

Nas vias estruturais, além de uma grande variação em torno da média em todas as áreas para o modo a pé, a área 19 apresenta grande variação em torno da média para os modos bicicleta e automóvel, enquanto que a área 14 apresenta pequena variação em torno da média para os mesmos modos. As vias perimetrais apresentam grande variação em torno da média para o modo a pé e pequena variação em torno da média para os modos bicicleta e automóvel, para todas as áreas consideradas.

Em síntese, pôde-se observar que enquanto o modo a pé apresenta grande variação em torno das médias para quase todos os tipos de vias e áreas (com variação pequena em apenas quatro áreas), no caso dos modos bicicleta e automóvel já aparecem outras áreas onde esta variação é pequena (caso da área 14 nas vias estruturais e todas as áreas nas vias perimetrais).

4.2. Análises detalhadas

Tendo em vista que os dados obtidos por tipo de via eram relativamente limitados para as vias coletoras, radiais, estruturais e perimetrais, e que as vias coletoras, estruturais e perimetrais nem sempre estavam presentes nas áreas consideradas, optou-se por realizar um tratamento estatístico dos resultados somente para as vias locais.

Na análise comparativa do **NS do modo a pé** nas vias locais das diferentes áreas, os resultados obtidos indicaram que, em termos de medianas, as cinco áreas analisadas comportam-se de maneira similar, com relação aos valores de nível de serviço (NS) observados. Os resultados indicaram que as áreas 14, 19 e 37 apresentam a mesma mediana. Logo, para estas três regiões, 50 % dos trechos analisados tiveram valor de NS menor ou igual a 5,92. A menor mediana foi observada para a área 36. A aplicação do teste da mediana a este conjunto rejeitou a hipótese de igualdade de medianas a um nível de 5 % de significância (o valor obtido para a estatística Qui-quadrado foi 15,435).

Pôde ainda ser observado nos resultados apresentados que, embora todas as áreas apresentem valores próximos para o NS em média, as áreas 14 e 36 apresentam as menores variâncias, indicando que para estas áreas o valor de NS comportou-se de maneira mais homogênea, ou seja, nos vários trechos analisados, o NS observado aproximou-se da média.

Para a análise de uma possível diferença em médias, optou-se pela construção de uma Tabela de Análise de Variância (ANOVA). Porém, algumas suposições com relação à distribuição das variáveis e homogeneidade de variâncias devem ser analisadas. Todavia, como a hipótese de variâncias homogêneas não foi rejeitada pelo Teste de Levene, procedeu-se à construção de uma ANOVA. A análise de resíduos demonstrou que a hipótese de Distribuição Normal havia sido violada. Porém, como existem relatos na literatura (Tiku, 1971) de que o teste F ainda pode ser robusto mesmo na ausência de normalidade, concluiu-se que os resultados indicavam que *não existia diferença significativa entre o NS das cinco áreas para o modo a pé nas vias locais*.

De forma semelhante, na análise comparativa do **NS do modo bicicleta** e nas vias locais das diferentes áreas, concluiu-se que *as cinco áreas comportam-se de maneira distinta com relação ao nível de serviço oferecido para o modo bicicleta*. Também na análise comparativa do **NS do modo automóvel** nas vias locais das diferentes áreas concluiu-se que *as cinco áreas comportavam-se de maneira distinta com relação ao nível de serviço oferecido para o modo automóvel*.

Por fim, foi realizada uma análise comparativa do NS dos três modos nas vias locais de cada uma das diferentes áreas, cujos resultados aparecem resumidos na Tabela 2. O que se pode extrair de uma comparação dos aspectos mais relevantes da análise apresentados na Tabela 2 é que em três das cinco áreas (as de número 33, 36 e 37) o NS do modo a pé foi maior do que o dos outros modos. Em um caso (área 19) o modo bicicleta teve o maior valor e em outro (área 14) não foi possível identificar diferenças significativas entre os valores.

5. CONCLUSÃO

Após a avaliação do NS nos segmentos selecionados, para os três modos, foi realizada uma análise global dos dados obtidos. Os primeiros resultados apontaram que vários segmentos com altos valores de NS para o modo automóvel tinham baixos valores de NS para o modo a pé. Isso encontrou forte associação com o tipo de via, dado que as vias locais apresentaram maiores NS para o modo a pé, enquanto que as vias estruturais e perimetrais apresentaram maiores valores de NS para o modo automóvel. O modo bicicleta, por outro lado, apresentou grande oscilação nos resultados, sem uma correlação evidente quer com o modo a pé, quer com o modo automóvel.

Como nem todas as vias apresentavam uma quantidade de dados suficientemente grande que permitisse análises mais detalhadas, esse tipo de abordagem ficou restrito às vias locais. Os resultados da análise comparativa do NS entre os modos nas vias locais das diferentes áreas, que apontaram que não existe diferença significativa entre o NS para o modo a pé nas cinco áreas, sugerem que o nível de serviço oferecido para o modo a pé independe do nível de renda da área. Em seguida, a análise comparativa do NS dos três modos nas vias locais de cada uma das diferentes áreas, apontou que em três áreas (as de número 33, 36 e 37) o NS do modo a pé foi maior do que o dos outros modos. Na área 19 o modo bicicleta teve o maior valor. Somente na área 14, a de maior renda (melhor padrão para as construções), não foi possível identificar diferenças significativas entre os valores dos NS dos três modos.

Em síntese, analisando-se essencialmente os resultados expressos na Figura 3, a hipótese inicial poderia ser confirmada, dado que, em geral, o melhor NS para o modo automóvel coincide com um pior NS para o modo a pé. A comprovação da hipótese depende agora das análises comparativas detalhadas do NS entre os três modos, para cada um dos tipos de vias das diferentes áreas, a exemplo do que foi feito para as vias locais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq e FAPESP pelos auxílios concedidos para a realização de pesquisas que deram origem a este trabalho.

REFERÊNCIAS

- Botma, H. (1995) Method to determine level of service for bicycle paths and pedestrian-bicycle paths. *Transportation Research Record* 1502, 38-44.
- Carter, L.; Hunter, W.; Zegeer, V.; Steward, R.; Huang, F. (2006) Pedestrian and bicyclist intersection safety indices *FHWA-HRT*, 06-125.
- Davis, J. (1987) *Bicycle Safety Evaluation*. Auburn University, Auburn.
- Dixon, L. B. (1996) Bicycle and pedestrian level-of-service performance measures and standards for congestion management systems. *Transportation Research Record* 1538, 1-9.
- Epperson, B. (1994) Evaluating suitability of roadways for bicycle use: toward a cycling level of service standard. *Transportation Research Record* 1438, 9-16.
- Ferreira, M. A.; Sanches, S. P. (2001) Índice de Qualidade das Calçadas – IQC. *Revista dos Transportes Públicos* 91, 47-60.

- Flannery, A.; Wochinger, K.; Martin, A. (2005) Driver assessment of service quality on urban streets. *Highway Research Record* 1920, 25-31.
- Fruin, J. (1971a) Designing for pedestrians: a level-of-service concept. *Highway Research Record* 355, 1-15.
- Fruin, J. (1971b) *Pedestrian planning and design*. Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, New York.
- Hunter, W.; Wayne, E.; Stutts, J. (1995) Bicycle-motor vehicle crash types: the early 1990s. *Transportation Research Record* 1502, 68-74.
- Hunter, W.; Stewart, R.; Stutts, J. (1999) Study of bicycle lanes versus wide curb lanes. *Transportation Research Record* 1674, 70-77.
- Khisty, C. J. (1995) Evaluation of pedestrian facilities: beyond the Level-of-Service concept. *Transportation Research Record* 1438, 45-50.
- Kittelson W.; Roess R. (2001) Highway capacity analysis after Highway Capacity Manual 2000. *Transportation Research Record* 1776, 10-16.
- Landis, B. (1994) Bicycle Intersection Hazard Score: a Theoretical Model. *Transportation Research Record* 1438, 3-8.
- Landis, B. W.; Vattikuti, V. R.; Brannick, M. T. (1997) Real-time human perceptions: toward a bicycle level of service. *Transportation Research Record* 1578, 119-126.
- Landis, B. W.; Vattikuti, V. R.; Ottenberg, R. M.; Petritsch, T. A.; Guttenplan, M.; Crider, L. B. (2003) Intersection level of service: the bicycle through movement. *Transportation Research Record* 1828, 101-106.
- Ministério das Cidades (2007) *Guia para elaboração de Plano Diretor de Transporte e da Mobilidade - PlanMob*”, SEMOB, Ministério das Cidades, Brasília.
- Sarkar, S. (1993) Determination of service levels for pedestrians, with European examples. *Transportation Research Record* 1405, 35-42.
- Sarkar, S. (1995) Evaluation of safety for pedestrians at macro and microlevels in urban areas. *Transportation Research Record* 1502, 105-118.
- Sorton, A.; Walsh, T. (1994) Bicycle stress level as a tool to evaluate urban and suburban bicycle compatibility. *Transportation Research Record*, 1438 17-24.
- Tiku, L. (1971) Power function of the F-test under non-normal situations. *Journal of the American Statistical Association* 66, 913-916.
- TRB (1985) Highway Capacity Manual, *Transportation Research Board*, National Research Council, Washington, D.C., EUA.
- TRB (2000) Highway Capacity Manual, *Transportation Research Board*, National Research Council, Washington, D.C., EUA.
- Turner, S.; Shafer, C.; Stewart, W. (1997) *Bicycle Suitability Criteria: Literature Review and State-of-the-Practice Survey*. Texas Transportation Institute, Dallas, TX, EUA.
- Wang, Y.; Nihan L. (2004) Estimating the risk of collisions between bicycles and motor vehicles at signalized intersections. *Accident Analysis and Prevention* 36, 313-321.
- Yuassa, V. N. (2008) *Impactos da hierarquia viária orientada para o automóvel no nível de serviço de modos não motorizados*. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Tabela 1. Detalhamento das áreas selecionadas para o estudo de caso

Áreas	Data do loteamento	Padrão da edificação	Tipos de vias	Proporção de vazios urbanos
14	1940 -1950	Alta	Local, Coletora, Radial e Estrutural	Baixa
19	Até 1940	Média/alta	Local, Radial, Estrutural e Perimetral	Baixa
37	1940 -1950	Média	Local, Coletora, Radial e Perimetral	Baixa
33	1950 - 1970	Baixa	Local, Coletora, Radial e Perimetral	Média/ Baixa
36	1950 - 1970	Baixa	Local, Coletora, Radial e Perimetral	Baixa

Tabela 2. Análise comparativa dos níveis de serviço dos modos nas vias locais de cada uma das diferentes áreas

ÁREA	ASPECTOS MAIS RELEVANTES
14	Os níveis de serviço observados para os modos a pé, bicicleta e automóvel não apresentaram diferenças significativas nas vias locais
19	A média do nível de serviço observado para o modo bicicleta foi maior que para os outros dois modos nas vias locais
33	Foi observado comportamento distinto entre os níveis de serviço para os modos a pé, bicicleta e automóvel nas vias locais (na Figura 3 pode-se verificar que o NS do modo a pé teve o maior dos três valores)
36	A média do NS para o modo a pé é maior que a observada para o modo bicicleta que, por sua vez, é maior que a do modo automóvel nas vias locais
37	O maior valor mediano foi observado para a variável o modo a pé

Figura 1. Mapa de hierarquia viária nas regiões estudadas

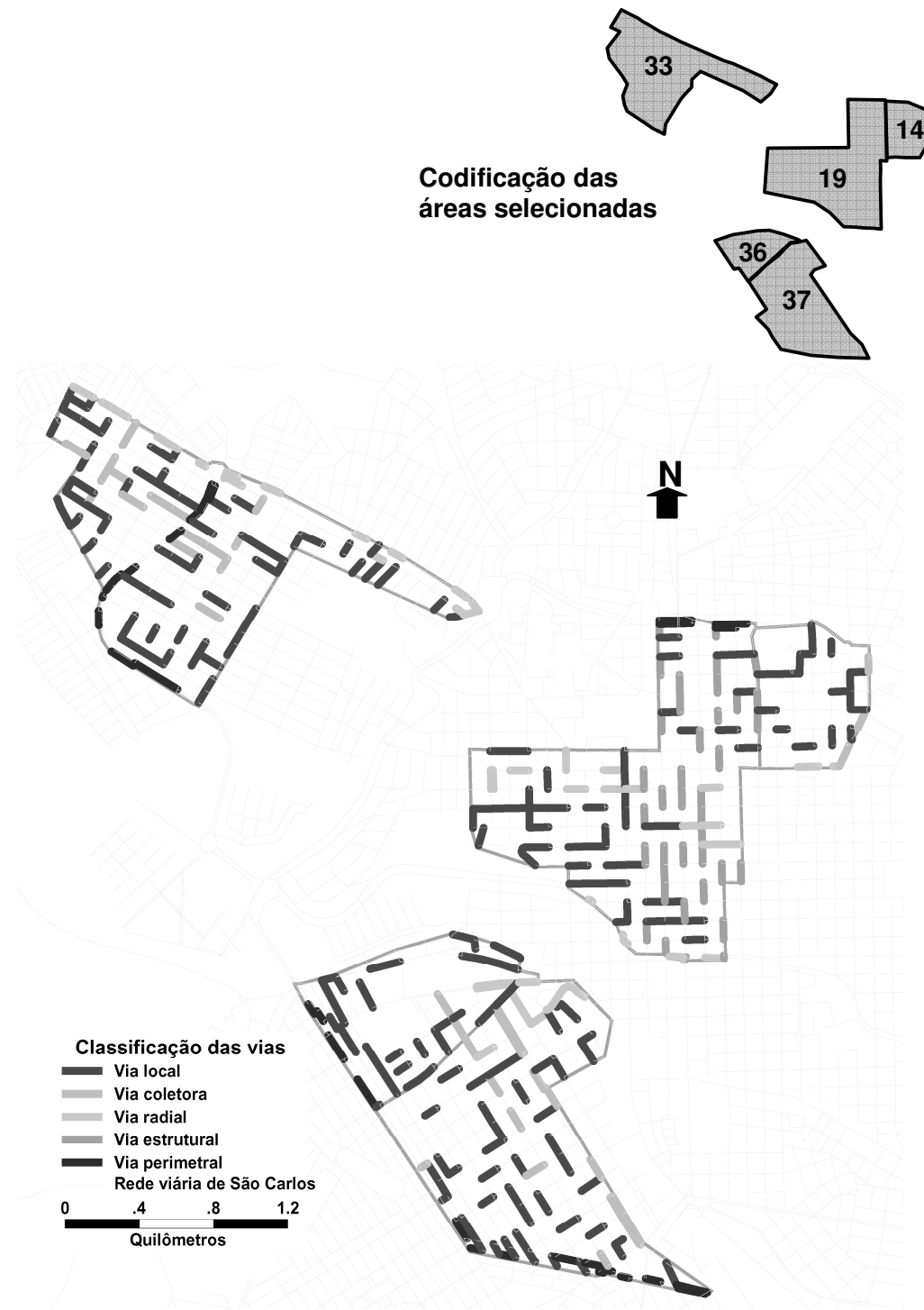


Figura 2. Mapa de NS para o modo a pé nas regiões estudadas

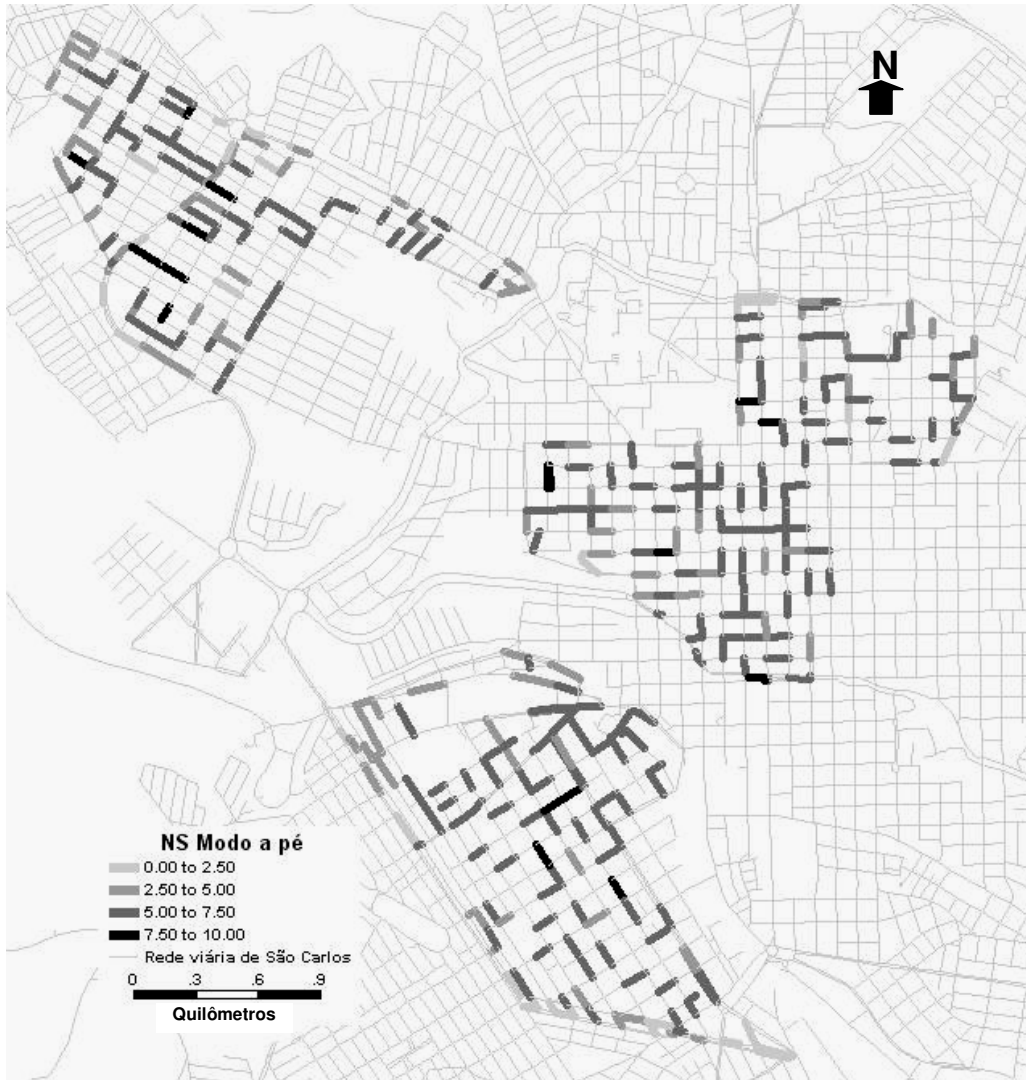


Figura 3. Valores de média \pm um desvio padrão para os três modos considerados e para os tipos de vias identificados nas áreas selecionadas na cidade de São Carlos.

