

MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE ROTAS CICLÁVEIS EM SÃO CARLOS – SP

P. V. Soulé, T. C. Ribeiro, R. A. Ribeiro, S. P. Sanches

RESUMO

Visando a avaliação pública aplicada a mobilidade urbana, a seguinte pesquisa apresenta dois objetivos: (1) identificar, por meio de um questionário eletrônico em uma plataforma SIG colaborativa, as principais rotas utilizadas por ciclistas na cidade de São Carlos (SP); (2) analisar o nível de ciclabilidade das vias que ligam o bairro Cidade Jardim a UFSCar (Universidade Federal de São Carlos). Foram usadas as ferramentas Google (Mapas e Formulários) por apresentarem maior compreensão e acesso aos respondentes. A coleta identificou pontos de grande fluxo de bicicletas que foram utilizados para levantar as rotas mais frequentadas pelos ciclistas entre o bairro e o campus. As vias foram analisadas com base em um Índice de Ciclabilidade utilizando uma escala de avaliação, definindo as notas dos trechos e das interseções. A partir do índice de Ciclabilidade, foi visto que as rotas mais utilizadas são aceitáveis para tanto para ciclistas iniciantes quanto para experientes.

1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma das principais áreas do geoprocessamento e tem por objetivo, segundo Câmara (1995), integrar as informações espaciais obtidas a partir de dados cartográficos em uma única base e oferecer mecanismos de combinação de informações através de algoritmos de manipulação e análise, importantes para a interpretação dos dados armazenados no banco de dados unificado. Uma das estruturas do SIG é a plataforma colaborativa, cujo banco de dados é alimentado e atualizado por meio da contribuição dos usuários que acessam o sistema. Segundo Sui e Goodchild (2011), esse banco de dados pode ser denominado como Informação Geográfica Voluntária e tem por objetivo o compartilhamento de informações georreferenciadas que são úteis para a tomada de decisões envolvendo problemas encontrados em uma comunidade.

São Carlos, localizada no interior do estado de São Paulo, é conhecida como a capital da tecnologia e abriga duas das maiores universidades do país (Universidade Federal de São Carlos – UFSCar e Universidade de São Paulo – USP), possibilitando a abertura a novas ideias e estilos de vida que visam, além de facilitar o cotidiano dos cidadãos, a melhora do meio vivente. Portanto, a inserção de novos modais de transporte menos agressivos ao meio ambiente é bem vista pela população. Segundo Segadilha e Sanches (2014), para que tais modais sejam evidenciados é necessário que se invista na infraestrutura necessária para promover a segurança para aqueles que aceitaram mudar o seu modo de locomoção. Deste modo, obtendo-se as rotas mais utilizadas pelos ciclistas a partir de dados fornecidos pelos próprios interessados, torna-se possível a aplicação de melhorias na infraestrutura de locais

com evidente demanda e identificar se as rotas que já possuem tal infraestrutura são locais com demanda para essa inclusão.

Desta forma, o objetivo desta pesquisa é (1) identificar, por meio de um questionário eletrônico em uma plataforma SIG colaborativa, quais são as principais rotas utilizadas por ciclistas na cidade de São Carlos (SP) e; (2) analisar o nível de ciclabilidade das vias que ligam o bairro Cidade Jardim até a UFSCar (Universidade Federal de São Carlos). Para viabilizar esta coleta, foi proposta a construção de um questionário digital disponibilizado na internet e vinculado a uma plataforma colaborativa, que possibilita ao respondente traçar e caracterizar a rota no mapa. Esta pesquisa foi dividida em três etapas: (1) Revisão bibliográfica e definição dos critérios para a construção do questionário; (2) Aplicação do questionário e análise das respostas; (3) Definição das rotas mais utilizadas pelos ciclistas que ligam o bairro Cidade Jardim até a UFSCar e a aplicação do Índice de Ciclabilidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os temas investigados para a revisão bibliográfica desta pesquisa foram SIG colaborativo, Transporte Cicloviário e Índice de Ciclabilidade, sobretudo para auxiliar nos critérios de elaboração do questionário e na interpretação dos resultados obtidos. Na sequência são abordadas as linhas gerais sobre estes temas e, para sintetizar o referencial teórico adotado por esta pesquisa, a Tabela 4 apresenta as referências consultadas e as suas principais ideias.

Existem inúmeras definições de SIG mas Cowen (1988), entendeu-o como uma tecnologia inserida dentro do campo do geoprocessamento, fornecedora de ferramentas para a síntese de fontes de informação geográfica. Para Câmara, Davis e Monteiro (2004), o SIG é um banco de dados geográficos que fornece meios de consulta, modificação, visualização e processamento de dados georreferenciados. Observa-se a popularização do SIG nos últimos dez anos, cujo crescimento é resultado do uso e do compartilhamento de informações geográficas por leigos, os quais complementam os dados disponibilizados na internet sobre a geografia, locais e serviços em uma região. As informações obtidas são denominadas por Sui e Goodchild (2011) de Informação Geográfica Voluntária, ou SIG voluntário, que evidenciam a fusão de funções específicas de áreas do georreferenciamento, antes exclusivas de programas e servidores especializados em SIG, com mídias e redes sociais, proporcionando a capacidade de criação de mapas e cartas comunitários, aplicáveis em iniciativas sociais e na rotina dos usuários. Um exemplo do uso do SIG voluntário é na área de transportes, no qual usuários do sistema fazem voluntariamente a inclusão e/ou atualização do traçado das vias em bases geográficas, cuja informação é útil para o cálculo do tempo e do trajeto de viagens, considerando modais motorizados (transporte público ou privado) e não motorizados (bicicleta e à pé).

Segundo o Plano de Mobilidade por Bicicletas nas Cidades, (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007), o mais inconveniente para o ciclista é a convivência com os outros modais. Para Segadilha e Sanches (2014), a carência de espaço viário é extrema em muitos locais, fazendo com que a demanda não seja atendida de forma eficiente. Como tentativa de amenizar esses problemas, muitas cidades têm incentivado o uso da bicicleta como alternativa ao uso dos automóveis. O Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades afirma que é inevitável a limitação das viagens motorizadas e que, apesar das vantagens, resultam em impactos ambientais negativos pela utilização de combustíveis fósseis e a geração de insumos como pneus e graxas em maiores quantidades se comparados à

bicicleta. Mas para que as bicicletas sejam adotadas pela população, a infraestrutura urbana das cidades deve se adaptar ao modal. É inviável que toda a estrutura municipal seja reconstruída, mas adaptações devem e podem ser feitas (SEGADILHA e SANCHES, 2014). A própria comunidade de ciclistas pode colaborar para o desenvolvimento das modificações necessárias através de iniciativas colaborativas. Um dos projetos que têm caráter social e estão abrigados no site Mootiro (IT3S, 2012) é a Rede de ciclorrotas e ciclovias de São Paulo, criada por Mattern (2013), que visa o mapeamento das ciclorrotas e ciclovias atuais com a ajuda da comunidade ciclística.

O Índice de Ciclabilidade (ICiclo) faz uma avaliação da área para ciclismo em tráfego compartilhado, a partir da auditoria dos segmentos e das interseções da área. Foi criado a partir de estudos de fatores que influenciam na escolha de rotas pelos ciclistas. O ICiclo utiliza uma escala de avaliação por nota, feita de forma subjetiva, variando entre 1 (péssimo) e 5 (ótimo) para definir as notas dos trechos e as interseções e, desta forma, relacionar as condições da via e o nível de experiência do ciclista.

Para a avaliação dos segmentos o índice faz uma média aritmética a partir das notas dos seguintes aspectos:

- Hierarquia da via – 1 para vias expressas primárias e 5 para vias locais;
- Qualidade do pavimento – 1 para pavimentos muito ruim e 5 para muito bom;
- Largura útil da faixa de circulação – para faixa de circulação menor que 3 m nota 1 e para maior ou igual a 3 m nota 5
- Declividade da via – 1 para declividades maiores que 8% e 5 para menores que 1%;
- Segurança – 1 para sensação de insegurança total e 5 para sensação de segurança total;
- Atratividade do ambiente – 1 para ambiente muito desagradável e 5 para ambiente muito agradável;
- Arborização – 1 para vias sem árvores e 5 para vias com muitas árvores.

Para a avaliação das interseções o índice faz uma média aritmética a partir das notas dos seguintes aspectos:

- Hierarquia da via – 1 para via transversal expressa primária e 5 para via transversal local;
- Largura da via – 1 para via transversal maior de 12 m e 5 para menor de 8 m;
- Visibilidade – 1 quando existem muitos objetos que bloqueiam a visibilidade e 5 quando há uma boa visibilidade do tráfego;
- Iluminação – 1 quando há pouca iluminação e 5 quando há uma boa iluminação.

As notas são dadas individualmente de 1 (péssimo) a 5 (ótimo) e depois calculado a nota geral dos segmentos e das interseções. As interseções semaforizadas automaticamente recebem nota 5 (ótimo).

Com a Nota do Segmento e a Nota da Interseção pode ser calculado o ICiclo, sendo a nota final do segmento a menor nota entre as duas notas anteriores. O ICiclo deverá ser calculado a partir da soma da multiplicação da nota de cada segmento pelo comprimento do mesmo e depois dividido pelo comprimento da soma de os segmentos, como mostrado na equação 1:

$$ICiclo = \frac{\sum_{i=1}^n (NF_i \times L_i)}{\sum^n L_i} \quad (1)$$

Onde:

ICiclo: Índice de ciclabilidade da área

NFi: Nota final do segmento i

Li: Comprimento do segmento i

n: número de segmentos avaliados na área

No Tabela 1, pode-se observar os referenciais teóricos utilizados para esta pesquisa:

Tabela 1 – Resumo do referencial teórico

Característica	Autor	Onde foi realizado	O que diz:
Geoprocessamento			
Definição	Cowen, 1998	Columbia - EUA	Afirma que pela grande gama de conhecimentos que o geoprocessamento engloba, vários autores criaram suas próprias definições.
	Burrough, 1986	Nova Iorque - EUA	Define o geoprocessamento como um conjunto de utilitários que englobam ferramentas para coletar e armazenar informações de caráter geográfico e populacional
Sistema de Informação Geográfica (SIG)			
Definição	Cowen, 1998	Columbia - USA	Entendeu que o SIG é uma tecnologia inserida dentro do campo do geoprocessamento, fornecedora de ferramentas para a síntese de informações geográficas
	Câmara, Davis e Monteiro, 2004	São José dos Campos - SP	Define o SIG como um banco de dados geográficos que fornece meios de consulta, modificação, visualização e processamento de dados georreferenciados
Voluntário	Sui e Goodchild, 2011	-	Definem Informação Geográfica Voluntária, ou SIG voluntário, como a união de dados obtidos por especialistas e dados fornecidos pela população.
	Mootiro, 2012	-	Por meio de uma linguagem acessível, promove iniciativas relacionadas ao SIG voluntário

Tabela 1 – Resumo do referencial teórico (Continuação)

Transporte Público		
Ministério das cidades, 2007	Brasil	Analisa cidades com diferentes realidades, propondo ações efetivas para o plano de mobilidade por bicicletas no Brasil
Segadilha e Sanches, 2014	São Carlos - SP	Apontam fatores que influenciam na rota escolhida pelos ciclistas na cidade de São Carlos
Mattern, 2013	São Paulo - SP	Iniciativa de mapeamento de rotas cicláveis abrigada no site Mootiro Maps
Índice de Ciclabilidade - ICiclo		
Soulé e Sanches, 2015	São Carlos - SP	O ICiclo faz uma avaliação da área para ciclismo em tráfego compartilhado, a partir da auditoria dos segmentos e das interseções da área.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com base no estudo dos referenciais teóricos, foram definidos os critérios para a elaboração do questionário de coleta de dados. Tal questionário tem por principal objetivo levantar quais as rotas mais utilizadas pelos ciclistas da cidade de São Carlos, identificando a facilidade e familiaridade do respondente com o traçado de rotas em mapas interativos, bem como identificar o perfil dos colaboradores. Optou-se por abrigar o questionário em uma plataforma digital, integrada a um SIG colaborativo, disponibilizado na internet para os respondentes.

O questionário foi subdividido em três etapas. A primeira etapa visa caracterizar o perfil do respondente, obtendo informações sobre o sexo, idade e para relacionar o ciclismo e as características pessoais de cada usuário, por meio de três questões a serem respondidas por ciclistas e não-ciclistas. A segunda etapa visa identificar a familiaridade do respondente com o geoprocessamento e SIG, na qual ele deve delimitar o traçado das rotas mais utilizadas. Esta delimitação poderá ser feita de duas formas: (1) Por meio da imagem de um mapa estático com pontos de referência da cidade, onde o respondente terá que identificar a sequência de pontos que melhor descrevem a rota; (2) Por meio de um mapa interativo, onde é permitido ao respondente desenhar o caminho mais utilizado por ele por meio de ferramentas de edição gráfica. Para o melhor entendimento do uso da ferramenta, foi disponibilizado um tutorial em formato de vídeo acessado no próprio questionário. A terceira parte do questionário visa obter dados complementares sobre a rota, onde o respondente, após traça-la, poderá vincular ao traçado informações adicionais disponíveis em mídias, como fotos e vídeos, que são disponibilizados para todos os respondentes através da associação à rota. Tais mídias são importantes para evidenciar o fluxo de veículos no local, a caracterização de problemas viários (como o desgaste do pavimento) e as características topográficas do local, que podem ser fatores que influenciam no fluxo de ciclistas na via em questão.

e à grupos de redes sociais voltados para o ciclismo em São Carlos, possibilitando a obtenção de resultados com uma grande porcentagem de respondentes que possuem vínculo com a UFSCar.

Segundo Segadilha e Sanches (2014), a faixa etária é um fator de grande influência para a utilização de modais que exijam grande ou moderado esforço físico. Este fato também pode ser observado nos resultados da pesquisa, onde 39% dos respondentes possuem idades entre 21 e 25 anos, conforme ilustrado no Gráfico 2. Também foi possível observar, no Gráfico 3, que a maior parte da amostra utiliza a bicicleta para deslocamentos de pouca duração, mais especificamente trajetos com até vinte minutos, de acordo com os resultados também encontrados por Segadilha e Sanches (2014).

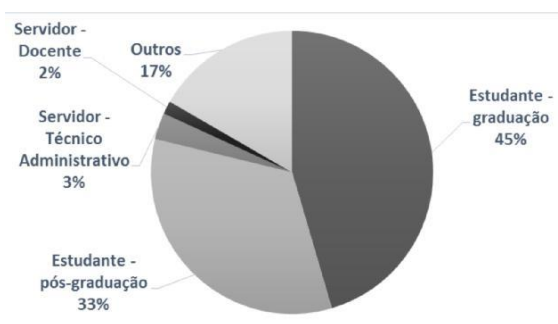


Gráfico 1 - Ocupação dos respondentes

Fonte: Ribeiro, T. C. e Ribeiro, R. A. (2015)

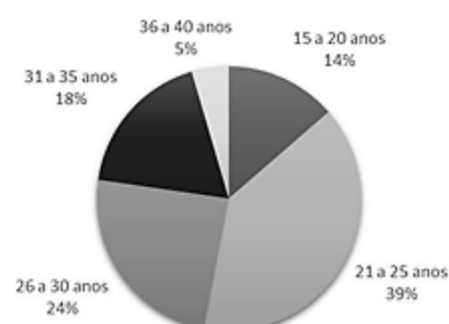


Gráfico 2 - Faixa etária dos respondentes

Fonte: Ribeiro, T. C. e Ribeiro, R. A. (2015)

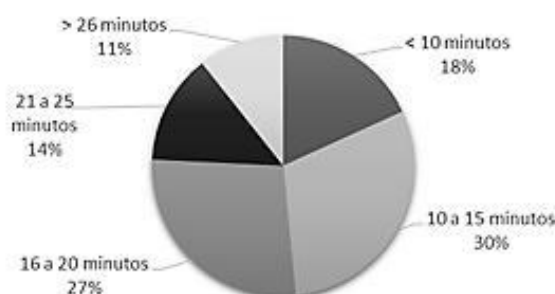


Gráfico 3 - Tempo de trajeto com bicicletas dos respondentes

Fonte: Ribeiro, T. C. e Ribeiro, R. A. (2015)

A segunda etapa do questionário visa a identificação das rotas mais utilizadas pelos ciclistas e a análise da familiaridade do respondente com a plataforma escolhida para o traçado dos caminhos por eles descritos de dois modos distintos: por meio de pontos de referência demarcados em um mapa estático e através de um mapa interativo para o traçado das rotas.

Com os resultados disponíveis no mapa estático, foi possível concluir quais os pontos de referência que usualmente fazem parte da rotina dos ciclistas. Os locais mais citados estão localizados no eixo descrito pela Avenida São Carlos, seguindo para as universidades mais próximas, sendo a entrada sul da Universidade Federal de São Carlos o ponto mais citado pelos respondentes. O ranking dos pontos mais referenciados na pesquisa podem ser visualizados no Gráfico 4.

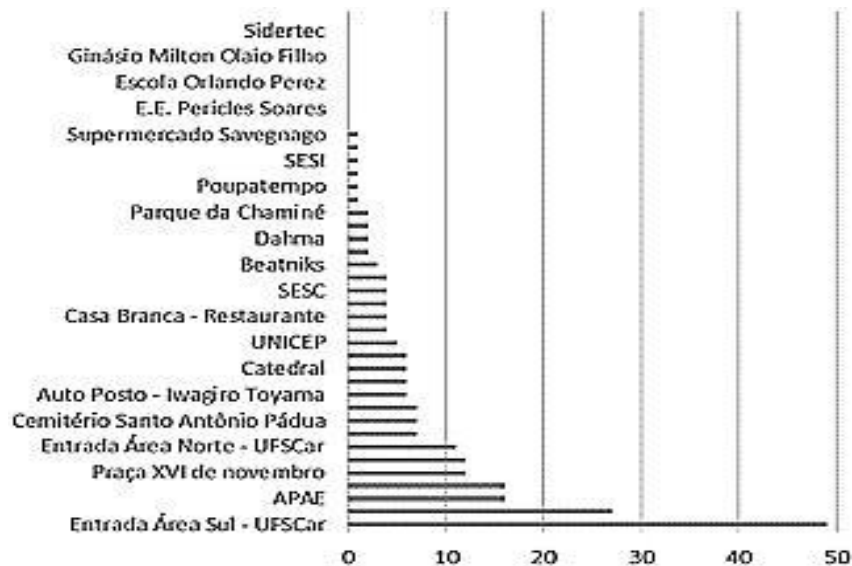


Gráfico 4 – Pontos de referência mais citados pelos ciclistas
 Fonte: Ribeiro, T. C. e Ribeiro, R. A. (2015)

No mapa interativo, é possível confirmar diretamente os trajetos que melhor descrevem as rotas mais utilizadas concluídas a partir do mapa estático. Percebe-se que o fluxo de ciclistas aumenta consideravelmente a partir do cruzamento entre a avenida São Carlos e a rua Carlos Botelho, tendo o seu ponto mais crítico próximo ao cruzamento da avenida São Carlos e a avenida das Gardêneas. Esse ponto é o resultado do encontro de rotas iniciadas no Bairro Cidade Jardim, onde grande parte dos estudantes residem. Estes trajetos podem ser visualizados na Figura 2.



Figura 2 – Ponto crítico de movimentação de bicicletas
 Fonte: Ribeiro, T. C. e Ribeiro, R. A. (2015)

Para a melhor definição das rotas, alguns dos respondentes, na própria descrição do seu traçado, evidenciaram o porquê dessa escolha, além de indicarem quais vias são melhores para ciclistas iniciantes. O mapa colaborativo, bem como as observações associadas aos trajetos inseridos, pode ser acessado por meio do seguinte link:

< <https://www.google.com/maps/d/edit?mid=zQFM5hghb0ZE.kJWf35dEtFVA>>.

Nesta etapa também foi possível a identificação da familiaridade do respondente com relação à criação e edição de mapas. Cerca de 45% da amostra possui familiaridade, mesmo que indireta, com tecnologias SIG disponíveis gratuitamente na internet. Outros 20% dos respondentes afirmaram que tiveram dificuldade para traçar a rota pois não possuem familiaridade com essa tecnologia. Já 8%, por não terem familiaridade com a observação de mapas, também responderam que tiveram dificuldades para traçar a rota. Estes resultados podem ser observados no Gráfico 5.

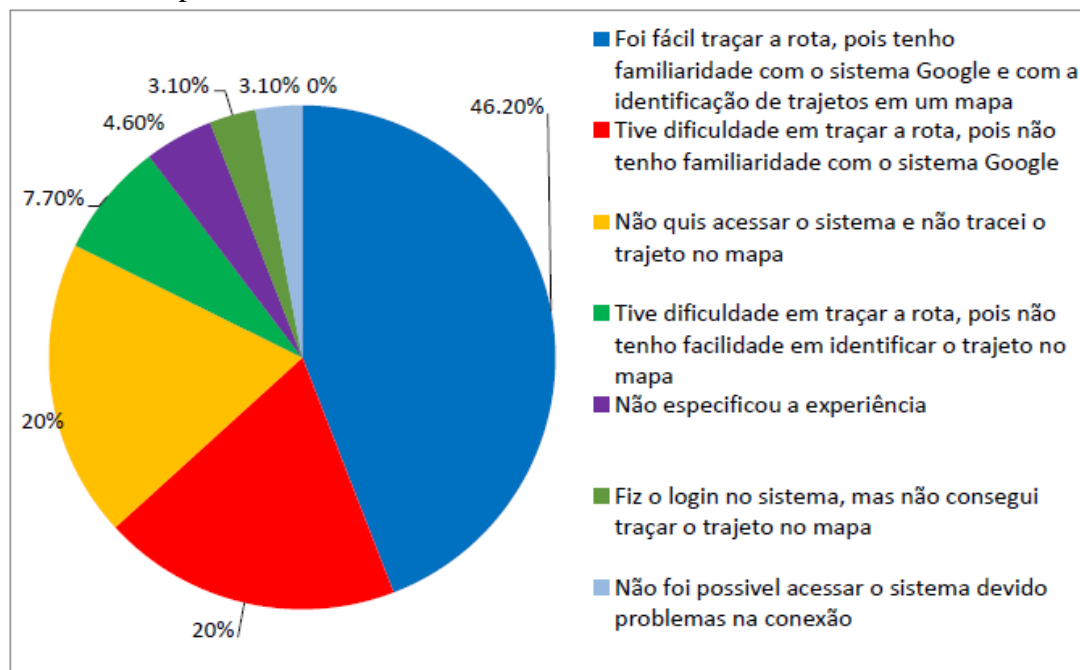


Gráfico 5 – Familiaridade dos respondentes com relação as plataformas utilizadas

Fonte: Ribeiro, T. C. e Ribeiro, R. A. (2015)

A terceira etapa visava o anexo de mídias aos traçados anteriormente delimitados com o intuito de caracterizar os motivos que levam o ciclista a escolher as vias propostas. Apenas 2% dos respondentes anexou fotos ao mapa e outros 11% não conseguiram efetivar o anexo de mídias por não possuírem familiaridade com a plataforma.

4.1 Aplicação do Índice de Ciclabilidade nas rotas utilizadas pelos ciclistas

A partir da coleta de dados foi possível identificar quatro rotas de acesso a UFSCar saindo do bairro Cidade Jardim e que são utilizadas pelos ciclistas. As rotas foram avaliadas trecho a trecho, utilizando cores e números para identificar a nota final de cada trecho, seguindo o padrão da Tabela 2.

Tabela 2 – Legenda dos mapas acompanhados das notas dos segmentos

Legenda	
Nota Final do Segmento (NF)	Cor
$3,5 < NF \leq 4,5$	Verde
$2,5 < NF \leq 3,5$	Amarelo
$1,5 < NF \leq 2,5$	Vermelho

Fonte: Soule e Sanches (2015)

A Figura 3, que representa a rota 2 já com suas respectivas notas e serve como exemplo da avaliação das demais.

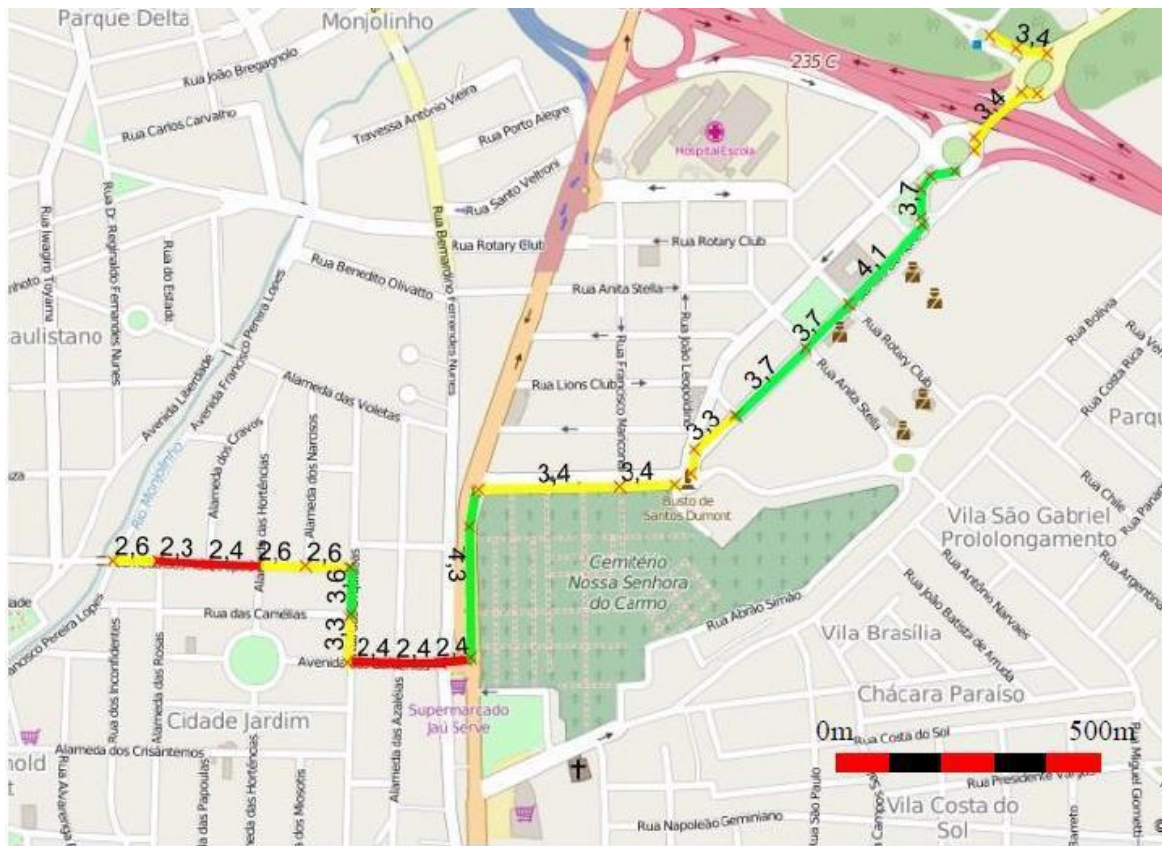


Figura 3 - Rota 2, acompanhada das notas finais de cada um dos trechos.
 Fonte: Soule e Sanches (2015)

As notas finais das 4 rotas analisadas ficaram acima de 2,5 e abaixo de 3,5 sendo classificadas como regular e consideradas aceitáveis para ciclistas iniciantes e experientes. A Tabela 3 apresenta um resumo das notas das 4 rotas analisadas.

Tabela 3 - Resumo das notas ICiclo das 4 rotas estudadas

	Rota 1	Rota 2	Rota 3	Rota 4
ICiclo	3,2	3,4	3,1	3,2

Fonte: Soule e Sanches (2015)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A organização do questionário aplicado possui como meta informar ao usuário sobre ferramentas colaborativas e incentivar o uso de tais plataformas como forma de organização de dados de demanda por infraestrutura cicloviária e, sua estrutura em diferentes etapas, mostrou possibilitar a obtenção dos dados das rotas cicláveis e a avaliação da familiaridade do usuário com o SIG colaborativo de forma independente. O tema da pesquisa teve aceitação pelos respondentes, que manifestaram nas perguntas abertas do questionário que a pesquisa desenvolvida é de grande relevância para avanços no uso do modal e para a segurança dos próprios ciclistas. Este fato pode ter contribuído para a obtenção dos resultados na plataforma colaborativa, mesmo com as dificuldades relatadas pelos respondentes na inserção das informações no mapa. Outro ponto elogiado foi a existência de um tutorial para o traçado de rotas desenvolvido especificamente para a pesquisa, possibilitando ao respondente o conhecimento necessário para responder e aplicar essa tecnologia em seu dia-a-dia.

Quanto aos resultados do traçado do mapa, observa-se que as rotas traçadas estão localizadas na área central e norte da cidade, região que contempla os deslocamentos entre as universidades e os bairros que abrigam a maior parte dos estudantes. Este resultado provavelmente é reflexo do perfil dos respondentes do questionário, na maior parte em idade universitária, no qual se observa uma maior aceitação no uso do modal bicicleta.

Foi possível avaliar o nível de ciclabilidade das vias que vão do bairro Cidade Jardim até a UFSCar e que são utilizadas pelos ciclistas como rotas entre os dois pontos. Apesar da cidade de São Carlos não apresentar nenhuma infraestrutura específica para os ciclistas que vão desde o Bairro Cidade Jardim até a UFSCar, as rotas utilizadas por eles tem classificação ICiclo Regular, sendo aceitável tanto para ciclistas iniciantes e quanto para experientes.

A análise dos resultados demonstra que os ciclistas que fazem o trajeto do Bairro da Cidade Jardim até a entrada da área Sul da UFSCar buscam alternativas de caminhos por ruas com menores volumes de tráfego. Esse estudo também demonstrou que as escolhas de rotas utilizadas pela maioria dos ciclistas (utilizando a Av. Salgado Filho e a Rua Santos Dumond) são as que têm as maiores notas de acordo com o Índice de Ciclabilidade, ou seja, são rotas com melhores condições de atender as necessidades dos ciclistas.

CI TCF GEKO GPVQU

Os autores agradecem o apoio da FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Burrough, P. A. and McDonnell R. A. (2004). **Principles of geographical information systems**. Oxford : New York: Oxford University Press,. xiii, 333 p. : il. (col.). -- (Spatial information systems and geostatistics)

Câmara, G. (1995) **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Banco de Dados Geográficos**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE

Cowen, D. J. (1988) **GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences?** Photogramm. Eng. Remote Sens., v. 54, n. 11, p. 1551-1555

IT3S (2012) **Mootiro Maps**, available at: <http://maps.mootiro.org/> (accessed 14 mar 2015).

Mattern, D. (2013) **Rede de ciclorrotas e ciclovias de São Paulo**, available at: <http://maps.mootiro.org/project/103/map> (accessed 14 march 2015).

Ministério das Cidades (2007), **Programa Bicicleta Brasil - Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta nas cidades**. Brasília, DF.

OPEN STREET MAP. (2015). Disponível em: <<http://www.openstreetmap.org/>> Acesso em: agosto de 2015

Ribeiro, T. C. and Ribeiro, R. A. (2015) **SIG Colaborativo e sua Aplicabilidade –Um Estudo dos Trajetos Feitos por Ciclistas em São Carlos-SP**. In: IV Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. São Carlos: UFSCar, 2015. 10 p.

Segadilha, A. B. P. and Sanches, S. P. (2014) **Identification of Factor that Influence Cyclists Route Choice**. Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 160, p. 372 – 380.

Soule, P. V. Sanches, S. P. (2015) **Avaliação de rotas ciclísticas para acesso a UFSCar**. 47 f. Trabalho de conclusão de curso – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

Sui, D. and Goodchild, M. (2011) **The convergence of GIS and social media: challenges for GIScience**. International Journal of Geographical Information Science, v. 25, n. 11, p. 1737-1748.