

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/330005454>

RESILIÊNCIA URBANA A PARTIR DE DISTÂNCIAS DE VIAGENS NÃO MOTORIZADAS ESTIMADAS COM BASE NA GRADE ESTATÍSTICA

Conference Paper · November 2018

CITATIONS

0

READS

87

3 authors:



Joao Antonio Camargo Matioli
São Paulo State University

2 PUBLICATIONS 1 CITATION

[SEE PROFILE](#)



Gustavo Garcia Manzato
São Paulo State University

32 PUBLICATIONS 75 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Antônio Néelson Rodrigues da Silva
University of São Paulo

177 PUBLICATIONS 949 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Escolha Modal em Viagens Universitárias [View project](#)



Preventive and responsive strategies to deal with the impacts of exogenous shocks to urban mobility systems [View project](#)

RESILIÊNCIA URBANA A PARTIR DE DISTÂNCIAS DE VIAGENS NÃO MOTORIZADAS ESTIMADAS COM BASE NA GRADE ESTATÍSTICA

João Antonio Camargo Matioli

Gustavo Garcia Manzato

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Engenharia de Bauru

Antônio Nelson Rodrigues da Silva

Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

RESUMO

O trabalho propõe o desenvolvimento de um método para avaliação da resiliência na mobilidade urbana, baseado na utilização de modos não motorizados (caminhada e bicicleta). Utilizando-se a grade estatística de 2010, foram calculadas distâncias entre pares de células, limitadas a valores de distâncias máximas possíveis (DMPs) de 5 e 12 km para caminhada e bicicleta, respectivamente. As distâncias entre células de um município foram agregadas pela sua média aritmética, permitindo-se obter uma área circular hipotética que poderia ser atendida por modos não motorizados. Calculando-se a proporção entre essa área e a área urbanizada, obteve-se uma medida de resiliência urbana, em que, para o estudo de caso realizado, 30 % dos municípios seriam resilientes considerando viagens a pé e 84 % em viagens de bicicleta. Combinando-se essa medida com as taxas de motorização, foram identificadas para o modo a pé e o modo bicicleta, respectivamente: 9% e 12% de cidades com alta resiliência e alta motorização, 44% e 83% com alta resiliência e baixa motorização, 3% e 0% com baixa resiliência e alta motorização, e 44% e 5% com baixa resiliência e baixa motorização.

ABSTRACT

The proposed method for evaluating urban resilience is based on non-motorized modes (walking and cycling). Using the 2010 statistical grid, distances between pairs of cells were calculated, but limited to maximum possible distance values of 5 and 12 km for walking and cycling, respectively. The distances between cells within a municipality were aggregated by their arithmetic average, yielding to a hypothetical circular area that a municipality could be served only by non-motorized modes. Calculating the proportion between this area and the urbanized area of the municipality, a measure of urban resilience was obtained, in which, for the case study, 30% of the municipalities would be resilient to walking and 84% to cycling. Combining this measure with the motorization rates of each municipality, we identified for walking and cycling, respectively: 9% and 12% of cities with high resilience and high motorization, 44% and 83% with high resilience and low motorization, 3% and 0% with low resilience and high motorization, and 44% and 5% with low resilience and low motorization.

1. INTRODUÇÃO

Os dez dias da greve dos caminhoneiros que atingiu o Brasil em maio de 2018 mostraram claramente como as cidades são dependentes dos meios de transporte motorizados. A falta de combustível fez com que muitas pessoas não conseguissem se locomover, acarretando em dificuldades no funcionamento normal das atividades. Essa restrição repentina do fornecimento de combustível alertou sobre a dependência mundial do petróleo e a já abordada questão do “pico” da oferta (Krumdieck *et al.*, 2010) desse insumo, que tende a decrescer com os anos.

Tal evento corrobora o fato de que as viagens exigem grande consumo dos combustíveis fósseis, ainda que os modelos atuais de planejamento de transporte aparentemente não incluam os impactos da oferta restrita de combustível na demanda de viagens. Fernandes *et al.* (2015) definem a resiliência como “a capacidade de um sistema de persistir, adaptar e se transformar, quando exposto a ameaças internas ou externas”. Sendo assim, alguns autores (Krumdieck *et al.*, 2010; Rendall *et al.*, 2011; Akbari e Nurul Habib, 2014; Martins e Rodrigues da Silva, 2017; Peltan *et al.*, 2017) desenvolveram estudos que visam quantificar as áreas urbanas e sua capacidade de adaptação, ou mais especificamente, sua resiliência, caso eventos parecidos ocorram.

Mais especificamente, Fernandes *et al.* (2015) introduzem a questão da resiliência na mobilidade, com o intuito de compreender a mobilidade urbana frente a ameaças, como aumento inesperado do preço do combustível ou redução da disponibilidade de recursos energéticos. Nessa linha de pesquisa, Martins e Rodrigues da Silva (2017) aplicaram um método para avaliação da resiliência na mobilidade urbana utilizando o município de São Carlos (SP) como estudo de caso. O método utiliza os dados da pesquisa de Origem e Destino e dos diários de viagens dos anos de 2007 e 2008, enquanto considera apenas os modos não motorizados (caminhada e bicicleta) como disponíveis. Através da simulação de distâncias máximas possíveis (DMP) para esses modos, os autores obtiveram uma variação de cerca de 40% a 100% no nível de resiliência do município.

Seguindo essa tendência de utilização de modos não motorizados como uma forma de impacto sustentável na mobilidade e acessibilidade urbana, outros trabalhos surgiram (Maciel *et al.*, 2012; Jones e Novo de Azevedo, 2013; Saghapour *et al.*, 2017; Philips *et al.*, 2018) a fim de propor novos métodos e reforçar a ideia de redução no uso do automóvel. Com relação a isso, cabe determinar quais seriam as distâncias que os indivíduos consideram viáveis para percorrer tanto a pé como de bicicleta. Krumdieck *et al.* (2010) adotaram 2 km para o modo a pé e 15 km para o modo de bicicleta, enquanto Martins e Rodrigues da Silva (2017) variaram para o modo a pé de 0 a 4 km e para o modo de bicicleta de 0 a 11 km.

Philips *et al.* (2018) propuseram um novo método para estimar a capacidade de fazer viagens de bicicleta, considerando especificamente a capacidade física individual (*individual physical capability* - IPC) de populações inteiras de indivíduos de todos os segmentos populacionais de uma determinada área. Por outro lado, Saghapour *et al.* (2017) apresentaram uma medida denominada *walking access index* (WAI) para medir a acessibilidade na área metropolitana de Melbourne, na Austrália, percorrida pelo modo a pé, enquanto considerava a distância de viagem e o tempo entre as origens e os destinos.

Além do fator disponibilidade de combustível, convém ressaltar outra causa da vulnerabilidade do setor de transportes, que é o espalhamento urbano. Segundo Gonçalves (2011), esse processo teve início na década de 1940 nos Estados Unidos, quando famílias de classe média transferiram suas residências para as áreas suburbanas, dispendo-se principalmente ao longo dos eixos de transporte e ocasionando um aumento das distâncias de viagem e, conseqüentemente, da utilização de veículos particulares (Martins e Rodrigues da Silva, 2017).

Sendo assim, muito se tem pesquisado nos últimos anos sobre a relação do espalhamento do espaço urbano e suas relações com o desenvolvimento sustentável e resiliente de uma cidade (Knaap *et al.*, 2007; Batty, 2008; Salvati *et al.*, 2015; Rice e Hancock, 2016; Wei, 2016; Philp e Taylor, 2017), uma vez que existe uma influência direta no consumo energético, impactos ambientais, climáticos e custos de manutenção do sistema urbano. Dessa maneira, em princípio a dispersão urbana deveria ser evitada, sobretudo em países menos desenvolvidos e mais carentes de recursos financeiros, como é o caso do Brasil. Logo, a compactação urbana é vista como uma saída viável, pois além de possibilitar alternativas sustentáveis para as cidades, consegue proporcionar o acesso à área urbana de uma forma mais justa para todos os seus cidadãos.

Philp e Taylor (2017) trazem ainda o conceito de *low-carbon mobility* (LCM), ou mobilidade de

baixo carbono, perante as discussões sobre sustentabilidade das cidades e sua resiliência diante das mudanças demográficas, econômicas e climáticas. Para isso, eles propuseram uma maior integração entre transporte e uso do solo, com atenção aos detalhes do projeto urbano para melhorar as percepções e as oportunidades de usar alternativas de transporte de baixo carbono.

Em resumo, em vista dos recentes acontecimentos no país e, de uma forma mais geral conforme mostra a literatura internacional, nota-se que o tema de resiliência no transporte e mobilidade urbana ainda não foi adequadamente explorado, sendo que a maioria dos trabalhos encontrados está focada em países desenvolvidos, onde a expansão urbana ocorreu de forma distinta daquela encontrada no Brasil, além do fato de que os trabalhos existentes abarcam uma pequena amostra de estudos de caso. Entretanto, o tema compõe uma discussão relevante na agenda atual, especialmente ao se tratar da escassez do combustível.

Portanto, este trabalho, com o intuito de somar ao debate sobre o referido assunto, desenvolve um método de avaliação da resiliência urbana baseado em viagens não motorizadas (caminhada e bicicleta). O método apresenta como inovação a utilização da Grade Estatística do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para tanto, foi desenvolvido um estudo de caso que abrange vários municípios localizados na região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do estado de São Paulo.

Na próxima seção do artigo será apresentada a metodologia desenvolvida. Na sequência, na seção 3 serão apresentados os resultados e discussões. Por fim, as conclusões do estudo podem ser encontradas na seção 4, seguidas da lista de referências citadas.

2. METODOLOGIA

Esta seção apresenta a proposta para avaliação da resiliência na mobilidade urbana, considerando meios de locomoção não motorizados (caminhada e bicicleta). A primeira parte aborda a região de estudo e as bases de dados utilizadas. Já a segunda parte trata do cálculo da resiliência urbana para modos não motorizados.

2.1. Bases de dados utilizadas e área de estudo

No caso abordado, a principal base de dados utilizada para o estudo foi a Grade Estatística, com base no censo do IBGE de 2010. A Grade Estatística divide o território brasileiro em células de 200 x 200 m nas áreas urbanas e em células de 1 x 1 km nas áreas rurais, permitindo a recuperação de informações acerca da população (total e por sexo) e do número de domicílios para diversos recortes espaciais, independentes das unidades político-administrativas. A área de estudo correspondeu à região do Vale do Paraíba e Litoral Norte, abrangendo municípios localizados no estado de São Paulo, pertencentes ao quadrante com ID 26 da grade.

Além da Grade Estatística, foi utilizada uma base geográfica com a subdivisão administrativa dos municípios. Essa base serviu para efetuar a agregação dos dados relativos de cada célula em dados totais para os municípios de análise. A fonte de obtenção dessa base de municípios também foi o IBGE. A Figura 1 ilustra a base de dados da grade sobreposta à base de dados contendo os limites dos municípios, destacando-se a área de estudo e um detalhe da resolução da grade.

Por fim, com o intuito de estabelecer uma comparação entre a resiliência obtida para os municípios com base em modos não motorizados e a situação atual desses municípios em

relação aos modos motorizados, dados da frota de veículos individuais foram obtidos junto ao Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo (DETRAN-SP), referentes ao mês de abril de 2018. A partir desses dados, foi determinada a taxa de motorização (número de veículos por habitante) dos municípios.

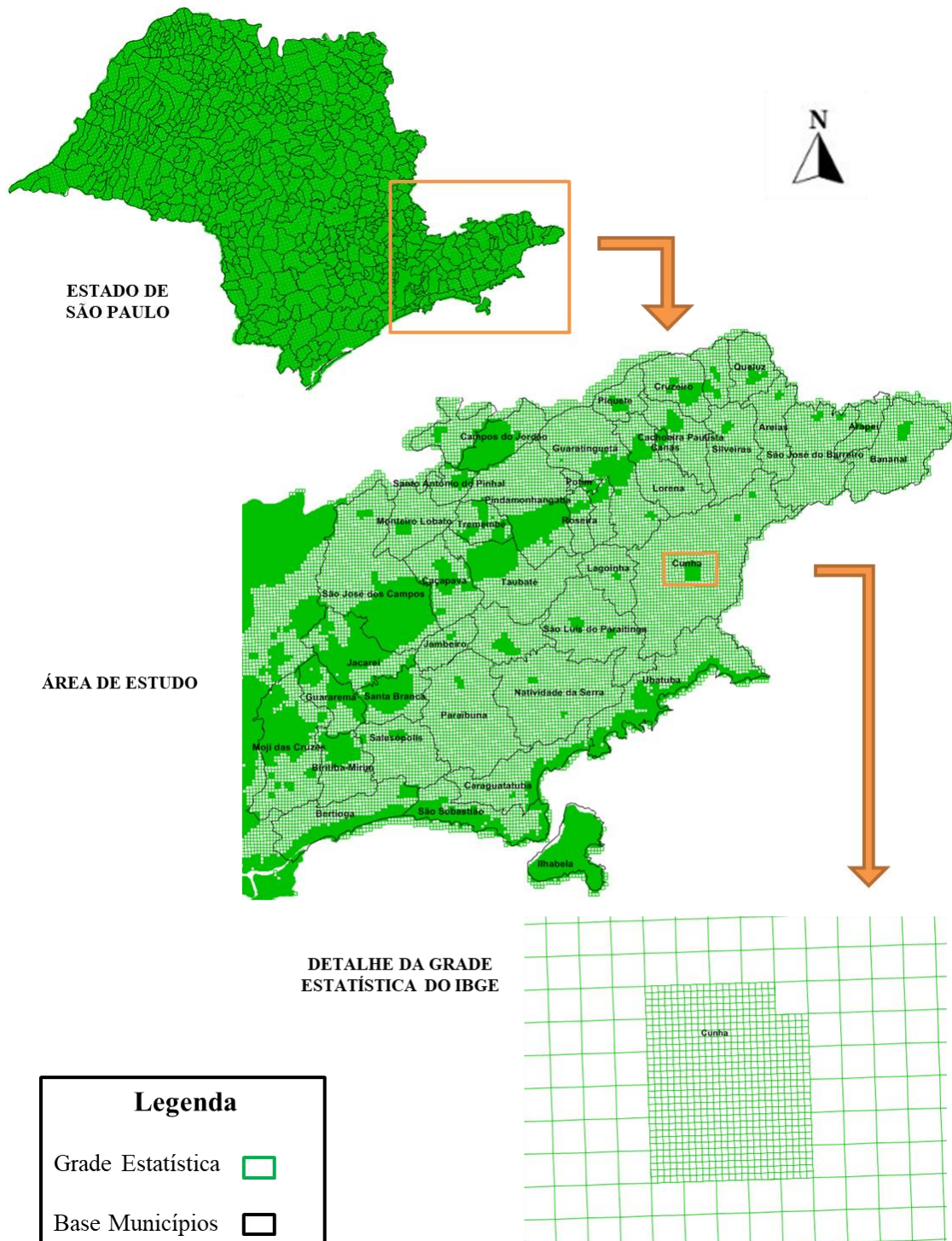


Figura 1: Grade Estatística sobreposta aos municípios do estado de São Paulo, com destaque da área de estudo referente à região do Vale do Paraíba e Litoral Norte e mostrando o detalhe das células de 1x1 km nas áreas rurais e as células de 200 x 200 m nas áreas urbanas

2.2. Cálculo da resiliência urbana para modos não motorizados

O método avalia a possibilidade de a pessoa percorrer certas distâncias apenas caminhando ou de bicicleta. Com base em Martins e Rodrigues da Silva (2017), existe uma distância máxima possível (DMP) limitando as pessoas a percorrerem distâncias maiores do que tais valores, considerando-se tanto o modo a pé como o modo bicicleta. Ainda segundo esses autores, “a única condição ao estipular as DMPs é que o modo a pé deverá ter uma distância menor ou igual ao modo bicicleta, nunca maior”.

Utilizando-se a grade estatística, foram calculadas as distâncias, baseadas na malha viária, entre os pares origem-destino dos centroides das células da grade, com o auxílio de um SIG (Sistema de Informação Geográfica). Esses valores foram, entretanto, limitados a uma DMP de 5 e 12 km para caminhada e bicicleta, respectivamente. A adoção desses valores foi feita com base na literatura. Cabe ressaltar que para o modo a pé, as células utilizadas foram as de 200 x 200 m, enquanto para o modo de bicicleta as células urbanas foram agregadas no formato 1 x 1 km para efetuar os cálculos. Isso foi feito para viabilizar a capacidade de processamento computacional necessária para os pares origem-destino referentes à bicicleta, uma vez que há mais dados a serem computados quando se considera uma distância limite de 12 km.

Na sequência, os valores de distâncias medidos entre os pares origem-destino dos centroides das células foram agregados por município. Essa agregação foi efetuada com base na média aritmética dos referidos valores, seguindo a ideia de um indicador de acessibilidade global proposto por Allen *et al.* (1993), como ilustra a Equação 1. Na proposta do estudo, a acessibilidade pode ser definida como “uma medida de esforço para superar a separação espacial entre dois pontos dentro de uma área” (Lima *et al.*, 2003). Portanto, este termo pode ser resumido na disponibilidade que as pessoas têm para utilizarem algum sistema de transportes, que neste caso são os modos não-motorizados.

$$E = \frac{1}{N} \sum_i^n \frac{1}{N-1} \sum_j^n D_{ij} \quad (1)$$

em que E : índice de acessibilidade global [km];
 D_{ij} : distância entre os pares origem (i) e destino (j) dos centroides [km];
 N : número de células existentes no município.

Foram calculados, portanto, os valores de E para os respectivos municípios da área de estudo, separados pelos modos caminhada e bicicleta. Com esses valores, foi possível obter uma área circular hipotética que um município poderia ser atendido apenas por modos não motorizados. Calculando-se a proporção entre essa área e a área urbanizada do município, obteve-se a medida de resiliência urbana, conforme a proposta deste estudo.

Para exemplificar o método, considere uma região hipotética mostrada na Figura 2, composta pelos municípios A, B e C. Esta figura também indica as células que compõem cada município e apresenta o contorno da área urbanizada de cada um deles. A Tabela 1, na sequência, detalha os cálculos realizados para a obtenção dos valores de E , conforme a Equação 1. Por fim, a Tabela 2 apresenta os procedimentos para a obtenção da medida de resiliência urbana, calculada por meio da proporção entre a área circular hipotética (com raio igual a E) e a área urbanizada do município (cujo valor refere-se também a dados hipotéticos neste exemplo).

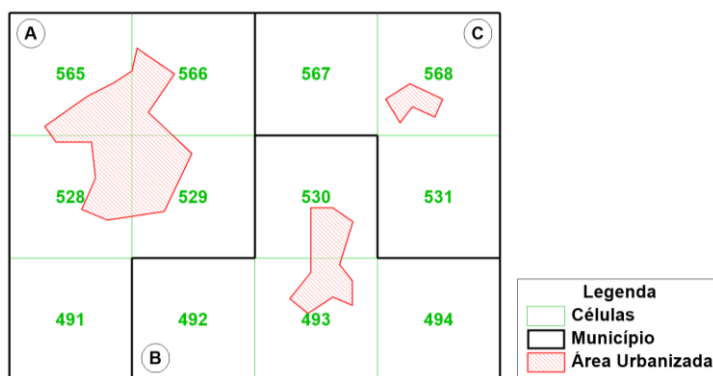


Figura 2: Região hipotética mostrando os municípios A, B e C que foram utilizados para a exemplificação do método utilizado

Tabela 1: Exemplo do método de cálculo utilizado para a região hipotética

Origem (<i>i</i>)	Destino (<i>j</i>)	Município	Distância [km]	Média Destino (\bar{D}_j) [km]	Média Origem (<i>E</i>) [km]
565	491	A	2,53		
566	491	A	3,12		
528	491	A	1,10	2,14	
529	491	A	1,82		
565	528	A	1,22		
566	528	A	1,64		
529	528	A	1,19	1,29	
491	528	A	1,10		
565	529	A	1,93		
566	529	A	1,37		
528	529	A	1,19	1,58	1,71
491	529	A	1,82		
566	565	A	1,13		
528	565	A	1,22		
529	565	A	1,93	1,70	
491	565	A	2,53		
565	566	A	1,13		
528	566	A	1,64		
529	566	A	1,37	1,82	
491	566	A	3,12		
530	492	B	2,06		
493	492	B	1,44	2,02	
494	492	B	2,57		
530	493	B	1,25		
492	493	B	1,44	1,29	
494	493	B	1,18		1,80
530	494	B	2,27		
492	494	B	2,57	2,01	
493	494	B	1,18		
492	530	B	2,06		
493	530	B	1,25	1,86	
494	530	B	2,27		
567	531	C	2,02		
568	531	C	1,56	1,79	
567	568	C	1,39		
531	568	C	1,56	1,59	1,70
531	567	C	2,02		
568	567	C	1,39	1,71	

Tabela 2: Exemplo de cálculo da resiliência urbana para os municípios da região hipotética

Município	E (raio) [km]	Área da Circunferência ($\pi \cdot E^2$) [km ²]	Área Urbanizada [km ²]	Resiliência (A_{CIRC}/A_{URB}) [%]
A	1,71	9,13	25,13	36,3
B	1,80	10,12	13,67	74,1
C	1,70	9,03	9,12	98,9

Por fim, uma análise foi realizada comparando-se a referida medida de resiliência urbana para modos não motorizados com a taxa de motorização. Cabe observar que tais valores foram organizados por município da área de estudo. Com isso foi possível observar quatro situações possíveis: municípios de alta resiliência e alta taxa de motorização; municípios de alta resiliência e baixa taxa de motorização; municípios de baixa resiliência e alta taxa de motorização; e municípios de baixa resiliência e baixa taxa de motorização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do que foi descrito no item 2.2, o nível de resiliência foi determinado através de uma relação de áreas, ou seja, a área obtida por meio de uma circunferência hipotética cujo raio é a média das distâncias entre os pares origem-destino dentro do município, dividida pela área urbanizada do município. Isso foi determinado tanto para o modo caminhada como para bicicleta.

Na sequência são mostrados os resultados obtidos para os dois meios de locomoção considerados, caminhada (Figura 3) e bicicleta (Figura 4), juntamente com as taxas de motorização de cada município, indicadas nos mapas. Cabe ressaltar que valores maiores que 100% foram obtidos, ou seja, a medida de resiliência para modos não motorizados foi maior do que a área urbanizada do município. Nesses casos, tais valores foram dispostos nos mapas como municípios 100% resilientes.

Dos 43 municípios analisados, foi percebido que para o modo a pé, 13 deles são 100% resilientes, enquanto 21 apresentam resiliência menor que 50%. Já para o modo de bicicleta, 36 são totalmente resilientes, enquanto apenas 2 (Ilhabela e São José dos Campos) apresentam resiliência menor que 50%. Os resultados podem ser melhor sintetizados através da Tabela 3, a qual contempla as quantidades de municípios em cada intervalo de resiliência conforme as Figuras 3 e 4, comparadas com intervalos de taxas de motorização.

Tabela 3: Quantidades de municípios em cada intervalo de resiliência comparadas com intervalos de taxas de motorização

Taxa de Motorização	Nível de Resiliência*									
	Caminhada					Bicicleta				
	Até 25%	25% a 50%	50% a 75%	75% a 99%	100%	Até 25%	25% a 50%	50% a 75%	75% a 99%	100%
0,00 a 0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,25 a 0,50	2	1	-	1	5	-	-	1	-	8
0,50 a 0,75	9	3	1	2	4	1	1	2	2	13
0,75 a 1,00	2	3	1	2	2	-	-	-	-	10
1,00 a 1,25	1	-	1	-	2	-	-	-	-	4
1,25 a 1,50	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1

* Obtido por meio da proporção entre a área circular hipotética e a área urbanizada do município

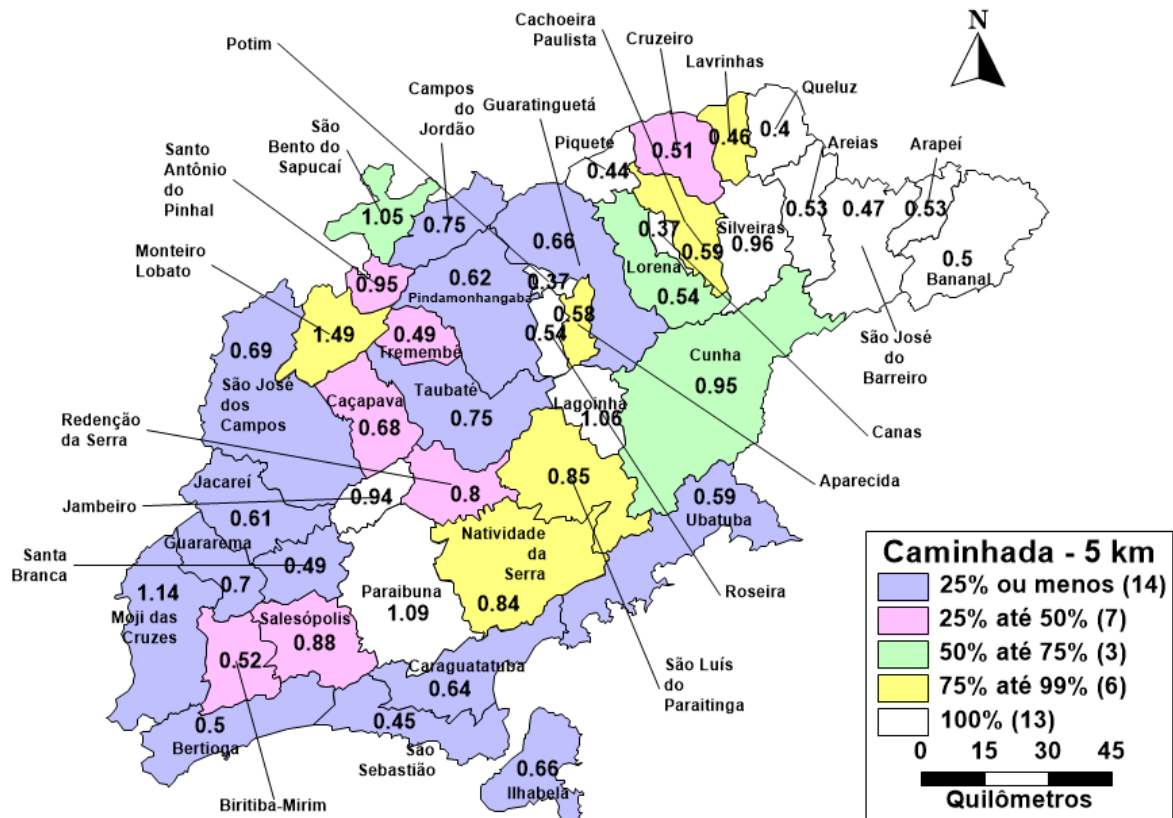


Figura 3: Resultados obtidos para o modo de locomoção caminhada (DMP - 5 km), com a indicação das taxas de motorização por município

Analisando a relação entre a taxa de motorização e a resiliência, quatro cenários se apresentam, a saber: municípios com elevada resiliência e taxa de motorização elevada (acima de 1,00 veículo por habitante); municípios com elevada resiliência e taxa de motorização baixa; municípios com baixa resiliência e taxa de motorização elevada e, por fim, municípios com resiliência baixa e taxa de motorização baixa.

Nesse panorama, para o modo caminhada, é possível observar que os municípios de Paraibuna e Lagoinha são 100% resilientes, mas suas taxas de motorização são maiores que 1,00, contrastando com a maioria dos municípios que pertencem a essa categoria (totalmente resilientes) e apresentam baixas taxas de motorização, como é o caso de Canas, Potim, Queluz, Piquete, São José do Barreiro, Bananal, Arapeí e Roseira. Esse fato poderia atribuir uma condição a esses municípios de sustentáveis e, ao mesmo tempo, acessíveis.

O outro extremo se destacou nos municípios que apresentam baixa resiliência, sendo que a maioria dos que se enquadraram nessa categoria, apresentaram taxas de motorização baixas (menores que 1,00), com exceção de Mogi das Cruzes, com uma taxa de motorização de 1,14.

Já para o modo bicicleta, a maioria dos municípios se mostraram totalmente resilientes e com baixa taxa de motorização, com exceção de Monteiro Lobato, Mogi das Cruzes, Paraibuna, Lagoinha e São Bento do Sapucaí, que apresentaram taxas de motorização maiores que 1,00. Com relação aos outros sete municípios que não se mostraram 100% resilientes, foi observado que todos apresentam taxas de motorização baixas, sendo que o maior valor encontrado foi referente à São José dos Campos (0,69).

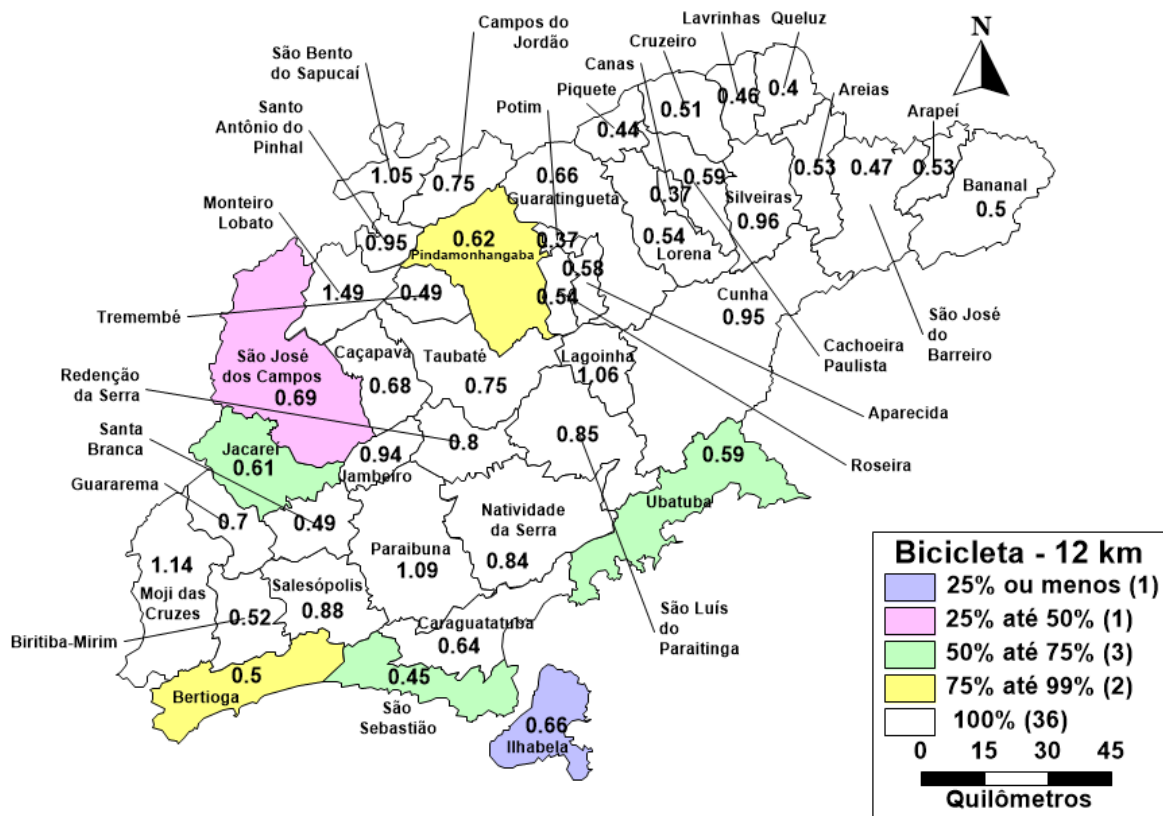


Figura 4: Resultados obtidos para o modo de locomoção bicicleta (DMP - 12 km), com a indicação das taxas de motorização por município

A maior taxa de motorização pertence ao município de Monteiro Lobato (1,49), que para o modo a pé apresenta uma resiliência maior que 89% e para o modo bicicleta é totalmente resiliente. De acordo com o exposto nesse trabalho, esse fato é contraditório e serve de apoio para os gestores urbanos do município tomarem medidas que incentivem a diminuição do uso de veículos particulares, talvez fomentando políticas de adoção de meios de locomoção não motorizados, como a implantação de ciclovias ou ciclofaixas, por exemplo.

Por fim, a menor taxa de motorização pertence aos municípios de Canas e Potim (0,37), que são 100% resilientes nos dois modos considerados (caminhada e bicicleta), fato esse que é o desejável para municípios que querem investir em sustentabilidade, através da promoção de uma melhor mobilidade e acessibilidade para os seus habitantes, em detrimento do uso do automóvel particular em viagens consideradas “curtas”.

4. CONCLUSÃO

O trabalho apresentado teve como objetivo o desenvolvimento de um método de avaliação da resiliência na mobilidade urbana para uma região do Estado de São Paulo, considerando viagens não motorizadas. Essa restrição aos veículos motorizados é um assunto que está em pauta atualmente no país, representado inclusive pela crise no abastecimento de combustíveis ocasionada recentemente pela greve dos caminhoneiros em maio de 2018.

Quanto aos resultados obtidos através do método proposto, em geral, para o modo a pé, foi observado que cerca de 30 % dos municípios analisados seriam resilientes, enquanto que em

torno de 84 % dos municípios se mostraram totalmente resilientes para a bicicleta. Combinando-se essa medida com a taxa de motorização de cada município, foram identificadas cidades de alta resiliência e alta motorização (Paraibuna e Lagoinha), alta resiliência e baixa motorização (Canas e Potim), baixa resiliência e alta motorização (Mogi das Cruzes), e baixa resiliência e baixa motorização (Ilhabela, Ubatuba e São José dos Campos).

Cabe ressaltar que as DMPs de 5 km para caminhada e 12 km para bicicletas, adotadas com base na literatura internacional, proporcionaram parâmetros razoáveis para as análises realizadas nos municípios da área de estudo de acordo com o método aqui desenvolvido. Embora tais valores possam ser ainda ajustados em função de realidades locais, eles podem ser utilizados como parâmetros iniciais em estudos de acessibilidade e mobilidade urbana por parte dos responsáveis pela implementação de políticas de incentivo ao uso de meios não motorizados e de redução dos congestionamentos e poluição através da queima de combustíveis fósseis.

Por fim, recomenda-se expandir a área de estudo para todos os municípios do estado de São Paulo, assim como variar os referidos valores das DMPs para explorar em mais detalhes os níveis de resiliência segundo a metodologia aqui proposta.

Agradecimentos

Os autores agradecem às agências CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio concedido em diferentes fases da pesquisa que deu origem a este trabalho. Os autores agradecem também à *Caliper Corporation* pela doação da licença educacional do software *Maptitude* utilizado nas análises.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akbari, S. e K. Nurul Habib (2014) Oil Vulnerability in the Greater Toronto Area: Impacts of High Fuel Prices on Urban Form and Environment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 11, n. 8, p. 2347-2358.
- Allen, W. B.; D. Liu e S. Singer (1993) Accessibility Measures of U.S. Metropolitan Areas. *Transportation Research Part B: Methodological*, v. 27, n. 6, p. 439-449.
- Batty, M. (2008) The Size, Scale, and Shape of Cities. *Science*, v. 319, n. 5864, p. 769-771.
- Fernandes, V. A.; R. Rothfuss; V. Hochschild; W. R. da Silva e M. P. S. Santos (2015) Resiliência da Mobilidade Urbana: Uma Proposta Conceitual. *Anais do XXIX Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET*. Ouro Preto, MG, Brasil, p. 2759-2770.
- Gonçalves, A. R. (2011) *Indicadores de Dispersão Urbana*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- Jones, T. e L. Novo de Azevedo (2013) Economic, Social and Cultural Transformation and the Role of the Bicycle in Brazil. *Journal of Transport Geography*, v. 30, p. 208-219.
- Knaap, G. J.; Y. Song e Z. Nedovic-Budic (2007) Measuring Patterns of Urban Development: New Intelligence for the War on Sprawl. *Local Environment*, v. 12, n. 3, p. 239-257.
- Krumdieck, S.; S. Page e A. Dantas (2010) Urban Form and Long-Term Fuel Supply Decline: A Method to Investigate the Peak Oil Risks to Essential Activities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 44, n. 5, p. 306-322.
- Lima, R. da S.; A. N. Rodrigues da Silva e P. van der Waerden (2003) Espalhamento Urbano: Mito ou Realidade no Brasil? O Caso das Cidades Médias. *Revista dos Transportes Públicos*, v. 25, n. 1989, p. 31-46.
- Maciel, M.; L. Rosa; F. Correa e U. Maruyama (2012) Energy, Pollutant Emissions and Other Negative Externality Savings from Curbing Individual Motorized Transportation (IMT): A Low Cost, Low Technology Scenario Analysis in Brazilian Urban Areas. *Energies*, v. 5, n. 3, p. 835-861.
- Martins, M. C. M. e A. N. Rodrigues da Silva (2017) Uma Estratégia para Avaliação da Resiliência na Mobilidade. *Anais do XXXI Congresso Nacional de Pesquisa em Transportes*, ANPET, Recife, Brasil.
- Peltan, T.; D. Franke; J. Vorel e K. Maier (2017) Model for Evaluation of Transport Energy Needs of Alternative

- Development Scenarios on Regional Scale. In: *2017 Smart City Symposium Prague (SCSP)*.
- Philips, I.; D. Watling e P. Timms (2018) Estimating Individual Physical Capability (IPC) to Make Journeys by Bicycle. *International Journal of Sustainable Transportation*, v. 12, n. 5, p. 324-340.
- Philp, M. e M. A. P. Taylor (2017) Research Agenda for Low-Carbon Mobility: Issues for New World cities. *International Journal of Sustainable Transportation*, v. 11, n. 1, p. 49-58.
- Rendall, S.; S. Page; F. Reitsma; E. Van Houten e S. Krumdieck (2011) Quantifying Transport Energy Resilience. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2242, n. 1, p. 72-80.
- Rice, M. e T. Hancock (2016) Equity, Sustainability and Governance in Urban Settings. *Global Health Promotion*, v. 23, n. 1_suppl, p. 94-97.
- Saghapour, T.; S. Moridpour e R. G. Thompson (2017) Measuring Walking Accessibility in Metropolitan Areas. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, v. 2661, p. 111-119.
- Salvati, L.; K. Rontos e V. G. Morelli (2015) Urban Sprawl and Implications for Sustainable Transportation: Analysing Changing Commuting Patterns in a Mediterranean City Region. *International Journal of Sustainable Society*, v. 7, n. 4, p. 333.
- Wei, Y. D. (2016) Towards Equitable and Sustainable Urban Space: Introduction to Special Issue on Urban Land and Sustainable Development. *Sustainability*, v. 8, n. 8, p. 804.

João Antonio Camargo Matioli

Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01
17033-360 Bauru SP Brasil
Tel: +55 14 3103 6112 Ext. 6740
E-mail: joao_antonio79@hotmail.com

Gustavo Garcia Manzato

Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01
17033-360 Bauru SP Brasil
Tel: +55 14 3103 6112 Ext. 6740
E-mail: gustavo.manzato@unesp.br

Antônio Néelson Rodrigues da Silva

Av. Trabalhador São-carlense, 400
13560-590 São Carlos SP Brasil
Tel: +55 16 3373 9595
E-mail: anelson@sc.usp.br