

Análise de variáveis que influenciam a escolha do meio de transporte e rota

Analysis of variables that influence the choice of means of transport and route

RESUMO

Atualmente há vários aplicativos, que através de algoritmos definem a melhor rota e meio de transporte, entretanto a escolha é feita levando em consideração somente o tempo, a distância e o tipo de transporte, contudo há outros fatores que devem ser considerados para esta escolha. Este artigo busca identificar as variáveis que mais influenciam na seleção dos meios de transportes e rotas a partir do conceito de mobilidade inteligente, considerando aspectos ambientais, econômicos e sociais. É feito um estudo de caso em uma rota real, na qual são analisadas as variáveis com mais influencias e que mais apareceram nos artigos pesquisados. Esse estudo mostrou que para aquela rota com as variáveis analisadas, mesmo tendo um melhor meio de transporte, ele é inviável, já que não há estrutura e planejamento para seu uso. Portanto além do desenvolvimento de pesquisa dessas variáveis, talvez até mais importante tenha que ser o desenvolvimento do planejamento urbano das cidades, visando uma mobilidade urbana sustentável. Desse modo, além de aumentar as possibilidades de escolha de meio de transporte e rota, soluciona diversos problemas que a mobilidade urbana apresenta.

PALAVRAS-CHAVE: Meios de transporte. Mobilidade inteligente. Variáveis.

ABSTRACT

Currently there are several apps, which through algorithms define the best route and means of transport, however the choice is made taking into account only time, distance and type of transport, but there are other factors that must be considered for this choice. This article seeks to identify the variables that most influence the selection of means of transport and routes based on the concept of intelligent mobility, considering environmental, economic and social aspects. A case study is done in a real route, in which the variables with the most influences and which appeared in the researched articles are analyzed. This study showed that for that route with the analyzed variables, even though it has a better means of transport, it is not viable, since there is no structure and planning for its use. Therefore, in addition to the development of research on these variables, perhaps even more important has to be the development of urban planning for cities, aiming at sustainable urban mobility. Thus, in addition to increasing the possibilities of choosing the means of transport and route, it solves several problems that urban mobility presents.

KEYWORDS: Means of transport. Intelligent mobility. Variables.

Guilherme Murilho
murilho@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Gilson Ditzel Santos
ditzel@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana tem se mostrado a área mais sensivelmente impactada pelo processo de urbanização nos últimos 50 anos (NOBRE, 2015). O aumento da frota circulante de veículos, aliado à falta de infraestrutura e planejamento tem ocasionado diversos problemas no cotidiano de muitas pessoas que precisam se locomover. Soluções no planejamento urbano não apenas com o aperfeiçoamento das condições das ruas e a criação de mais opções de transporte coletivo, mas também com o uso da tecnologia da informação e comunicação (TIC) focada em mobilidade urbana estão sendo cada vez mais discutidas.

Atualmente há vários aplicativos, entre eles os mais conhecidos são o Waze e o Google Maps, que através de algoritmos definem a melhor rota e meio de transporte, entretanto a escolha é feita levando em consideração somente o tempo, a distância e o tipo de transporte, contudo há outros fatores que devem ser considerados para esta escolha. Este artigo busca identificar as variáveis que mais influenciam na seleção dos meios de transportes e rotas a partir do conceito de mobilidade inteligente, considerando aspectos ambientais, econômicos e sociais.

Mobilidade inteligente é um conceito que foi defendido como uma das dimensões das cidades inteligentes (GIFFINGER et al., 2007; CARAGLIU et al., 2011). Docherty (2017) defende que o sistema de mobilidade inteligente pode ser descrito como um conjunto de mudanças conectadas, que se reforçam mutuamente, mas ocorrem em várias áreas diferentes, como economia, tecnologia, cultura, etc.

METODOLOGIA

Através de revisão de literatura, verificou-se que algumas variáveis foram utilizadas repetidamente, e indicaram ter uma grande influência na escolha da melhor rota. Entretanto, muitas variáveis ainda são pouco exploradas, principalmente variáveis que caracterizam o usuário (idade, deficiência física ou mental, possuir animais de estimação, preferências pessoais), sendo elas apenas citadas pelos artigos.

Considerando os aspectos ambientais, sociais e econômicos, a escolha das variáveis se deu pelo número de ocorrências delas nos artigos revisados e suas influências nos modos de escolha de rota, como também a facilidade de obtenção de dados. São estas as variáveis escolhidas para este trabalho:

- Distância e tempo: calculado em unidade de quilômetro e minuto respectivamente, do ponto de origem até o ponto de destino;
- Custo: valor gasto para se locomover da origem ao destino;
- Emissão de poluentes: quantidade de poluição gerada na viagem;
- Eficiência energética: distância percorrida por litro de combustível para os transportes motorizados (transporte não motorizado terá eficiência máxima).

A partir da definição de um ponto de origem e de destino, será analisada a aplicação destas variáveis em diversos cenários, de modo a determinar a melhor

rota de acordo com os aspectos ambientais, econômicos e sociais. As variáveis que caracterizam o usuário também serão utilizadas para análise, a fim de demonstrar sua importância e necessidade para o desenvolvimento de novos métodos de planejamento.

ESTUDO DE CASO

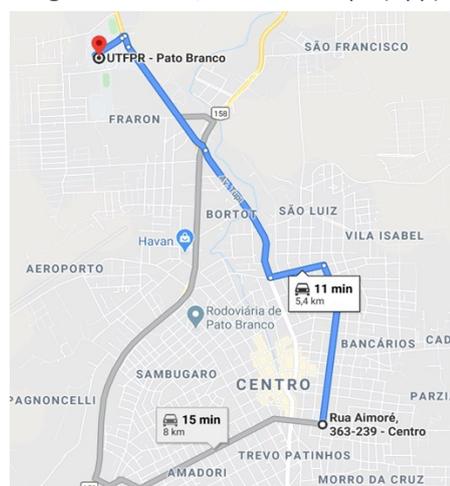
Para o estudo de caso, o município brasileiro escolhido foi Pato Branco, localizado no sudoeste do estado do Paraná. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), Ministério da Infraestrutura (MI, 2020) e da entrevista com o Gestor de Transporte Público do município Jacir Gonçalves da Rocha realizado no dia 21/02/2020, foi possível coletar dados referentes à mobilidade no município.

O Brasil de acordo com o MI em 2019 obteve os dados de 104 milhões de veículos para 210 milhões de habitantes, quando comparado ao município de Pato Branco é possível perceber que a frota do município é grande já que são 63.574 veículos para 82.881 habitantes. Outro fato é que o município apresenta diversos tipos de transporte (taxi, ônibus coletivo e aplicativos de mobilidade), o que flexibiliza a mobilidade modal do local.

Para a análise da rota, o ponto de origem será a Rua Aimoré, 362 – 239, no centro da cidade e o ponto de destino a UTFPR – PB (Universidade Tecnológica do Paraná – Campus Pato Branco). Foram escolhidos 6 cenários diferentes, sendo que cada cenário considera um meio de transporte, sendo eles: carro, moto, Garupa (app), ônibus, bicicleta e o modo a pé.

Para definir as rotas foi utilizado o Google Maps, que através de algoritmo (Dijkstra) identificou a rota mais curta e com um menor tempo possível (com exceção do caso do ônibus), para que assim possa ser feita uma comparação do valor das variáveis em cada cenário. Esse procedimento (Figura 1) foi feito para todos os meios de transporte.

Figura 1 - Carro, Moto e Garupa (App)



Fonte: Google Maps

Tendo as rotas definidas para cada cenário, é possível fazer os cálculos das variáveis. Para o cálculo da emissão de poluentes foi utilizada a equação apresentada por Cancelli e Dias (2014), sendo ela:

$$E_{\text{linha},i} = F_{r,j} \times \left(\frac{F_{e,i}}{1000} \right) \times L \quad (1)$$

Onde:

$F_{e,i}$: fator de emissão do poluente i (g.km⁻¹);

$F_{r,j}$: número total de veículos da categoria j que circulam na via de interesse durante um período de tempo t ; 1000: fator de conversão de g para kg.

Já na variável custo, para se fazer uma comparação econômica mais precisa entre todos os meios de transporte é preciso considerar outros fatores específicos que cada um contém. No carro, por exemplo, temos o seu valor em si, o seguro, impostos (IPVA/DPVAT) e a depreciação que existe ao longo do tempo, o mesmo acontece com a moto. Além desses custos, tem os valores de combustível, manutenção e estacionamento que variam. Para melhor compressão a Tabela 1 mostra o cálculo feito para o carro, avaliando apenas os dias úteis (23 dias), a média dos custos dos fatores envolvidos e o tempo de utilização. Os demais modos de transporte seguem a mesma lógica.

Tabela 1 – Cálculo do custo do Carro

Chevrolet Onix Lt (2017) 1.0-8V - Gasolina			
Valor do carro (tabela FIPE)	R\$36.765,00	Estacionamento:	R\$ 300,00
Seguro médio	R\$ 2.038,00	Manutenção/depreciação:	R\$ 300,00
IPVA/DPVAT	R\$ 1.434,00	Custo variável	R\$ 600,00
Depreciação do veículo:	R\$ 4.456,00	Custo total (mensal)	R\$1.347,61
Custo fixo (anual)	R\$ 7.928,00	Custo por dia	R\$ 54,78
Custo fixo (mensal)	R\$ 660,67	Custo por minuto	R\$ 0,04
Custo do combustível na viagem	R\$ 1,90 *		
Custo do combustível no mês	R\$ 87,61 **	Custo da viagem	R\$ 2,34

Fonte: Iq veículos (2020)

* Valor da gasolina 4,55 (valor médio de 2019 de acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)).

** Nesse cálculo foram considerados a ida e a volta da viagem.

Calculando todas as variáveis têm os seguintes resultados (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultado dos cálculos das variáveis em cada cenário

Cenários	Distância (km)	Tempo (min)	Emissão de poluentes (kg)	Custo (R\$)	Eficiência Energética* (Gasolina)(Km/l)
Carro	5,4	11	0,00204	2,34	12,9
Moto	5,4	11	0,00698	0,75	41
Ônibus coletivo	5,5	28	0,02668	3,5 **	3
Bicicleta	5,3	22	0	0,0016	-
A pé	5	65	0	0	-
Garupa (App)	5,4	15	0,00204	14,4 ***	12,9

Fonte: Autoria própria (2020)

* Eficiência energética, disponível em:

http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas_pbe_veicular.asp - para o exemplo do Garupa foi utilizado um Chevrolet Onix Lt (2017) 1.0-8V - Gasolina. Para a moto foi utilizado uma Honda CG 160 Titan FlexOne (2018) e para o ônibus foi usado a média dos ônibus coletivos. Disponível em: http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/pagina-inicial.shtml

**Tarifa cobrada no município de Pato Branco.

*** Custo obtido no próprio aplicativo.

As vantagens do carro apoiam-se na eficiência de deslocamento que o automóvel traz, no desempenho de velocidade para atingir o destino com menor tempo possível, disponibilidade de uso (24 horas), na privacidade, na conveniência, no controle de localização, na segurança, no conforto e no status do usuário (DENNIS, 2007, p. 4), o que atribui geralmente à escolha do carro o aspecto mais social. Do mesmo modo, o carro permite o uso de pessoas com dificuldade motora, pessoas que tem animais de estimação e filhos ou então para aquelas com perfil de aventureiro. Já as desvantagens estão no investimento, visto que o viajante estará sujeito ao custo do carro, do combustível, estacionamento, impostos (IPVA e licenciamento do veículo), como também o carro está limitado a um número menor de pessoas (5, 6 ou 7), se comparado ao ônibus, por exemplo (70). Entretanto, o custo do carro pode ser dividido por todas as pessoas que o utiliza, o que não acontece no ônibus, na qual tarifa é por pessoa.

Já a moto tem vantagens e desvantagens muito parecidas com as do carro, dado que ambos são transportes individuais motorizados, entretanto na moto o conforto é menor, visto que o viajante está sujeito a condições climáticas (chuva, vento e sol). Assim como o carro, a moto também precisa de um investimento, por mais que geralmente seja menor e o custo final da viagem pode ser dividido pela capacidade que pessoas que a utilizam (2 pessoas). Tanto o carro como a moto apresentaram o melhor tempo no resultado, entretanto do ponto de vista da sustentabilidade a emissão de poluentes gerados por pessoa é grande, uma vez que o número de viajantes é menor. Portanto, para a moto pode ser atribuída a sua escolha aos aspectos sociais e econômicos.

No ônibus coletivo não há investimento, somente o valor da tarifa, o que é uma alternativa mais econômica ao viajante do que os citados a cima, entretanto o conforto, privacidade e segurança são menores, como também o viajante não tem a liberdade de escolher o horário de viagem, e a rota que irá seguir, sendo limitado pelo cronograma do ônibus escolhido, assim como, muitas vezes a pessoa terá que se locomover até o ponto onde o ônibus passará. Contudo, pode ser uma opção para melhorar o trânsito e reduzir a probabilidade de acidentes. Nos resultados o ônibus apresentou o maior volume de emissão de poluentes, entretanto como o número de pessoas que são transportadas é maior que os outros meios de transporte, o valor por pessoa de poluição é menor, o que faz dele uma escolha melhor do que a moto e o carro tanto no aspecto ambiental e econômico.

No caso da bicicleta, existe um investimento, mas o preço é mais acessível. Para o cálculo do custo foi utilizado o modelo Caloi de Aro 29 com um valor de R\$ 835,00, tendo em vista que sua depreciação é de 20% em 5 anos de acordo com o Ministério da Fazenda (MF) e sua manutenção é barata, o custo final é bem menor se comparado aos dos transportes motorizados. Outras vantagens incluem: melhoria da saúde dos usuários, sem acarretar prejuízo ao meio ambiente (como pode ser visto na tabela 2), é um meio de transporte e um instrumento de lazer,

não requer combustível, sendo energeticamente mais eficiente que os demais veículos, possui flexibilidade de uso, sendo a mais elevada entre os demais modos de transporte. Entretanto, é limitado o número de pessoas (geralmente para 1 pessoa), não é possível carregar cargas como em um carro, por exemplo, e assim como a moto também está sujeita às condições climáticas, além do conforto que é bem menor, já que é um transporte não motorizado. Portanto é uma escolha que evidencia mais os aspectos econômicos e ambientais, sendo uma opção para pessoas com um perfil aventureiro, ou, por exemplo pode ser uma boa alternativa para aqueles que moram perto do trabalho e não querem perder tempo com o trânsito.

O modo a pé assim como a bicicleta evidencia mais os aspectos econômicos e ambientais e pode contribuir para a melhoria da saúde dos usuários, sem causar prejuízo ao meio ambiente, como também não apresenta nenhum custo, porém para distâncias médias e longas o tempo de viagem aumenta. Nos resultados o tempo de viagem foi de 65 minutos, sendo bem superior até mesmo ao do ônibus de 28 minutos. As desvantagens são as mesmas que as da bicicleta. Geralmente as variáveis que caracterizam os usuários que escolhem esse modo são: idade (geralmente pessoas mais novas), pessoas que não tem filhos, que gostam de ter uma rotina saudável, *eco-friendly*, entre outros. Variáveis essas que são semelhantes às das pessoas que escolhem a bicicleta como meio de transporte.

Já no aplicativo (Garupa), um dos que tem disponível na cidade para mobilidade, evidencia o mesmo aspecto de escolha e tem as mesmas vantagens que a do carro, visto que se utiliza do mesmo veículo para a viagem, entretanto, o viajante não necessita de um investimento, somente o custo da viagem, que é calculado pelo próprio aplicativo. A desvantagem é que quanto maior a distância, maior a tarifa cobrada, além de que tem um tempo de espera até o carro chegar ao seu ponto de origem, como também a privacidade e segurança são menores. Para a origem e destino escolhidos, ele apresentou o custo de R\$ 14,40, sendo maior que o custo do carro para a viagem, entretanto, quando comparado com o valor mensal (dias úteis), considerando a ida e a volta do viajante o aplicativo tem um gasto de R\$ 662,40, já o carro tem um custo de R\$ 1.347,61, sendo assim uma escolha 2x mais econômica. E assim como no carro e na moto, o custo do aplicativo pode ser dividido pelas pessoas transportadas.

Portanto, considerando os cálculos apresentados, a análise de cada caso e principalmente os aspectos ambientais, sociais e econômicos, o cenário da bicicleta apresentou ser a melhor opção para este caso, já que mostrou resultados bem melhores que os transportes motorizados nos aspectos ambientais e econômicos. Mesmo perdendo para o modo a pé economicamente, por apresentar um tempo quase 3x menor o aspecto social é maior, o que no conjunto para esse caso faz da bicicleta a melhor opção. Entretanto, para outros pontos de origem e destino ela pode não ser a melhor escolha, o que cabe fazer outra análise para identificar.

Contudo, para o uso desse modo de transporte além da característica dos usuários que o limitam há alguns problemas que fazem dele, na maioria das cidades brasileiras ser inviável, são eles: relevo, exposição ao clima, risco de acidentes, falta de infraestrutura (ciclovias e bicicletários) e planejamento. Muitos desses problemas são recorrentes a adoção de políticas públicas que privilegiaram, num passado recente, o uso do automóvel como sendo o principal meio de

transporte. Todavia muitas cidades estão implementando ou tem propostas de planejamento visando mobilidade urbana sustentável, que tem como foco equipar a cidade com infraestrutura adequada aos modos coletivos e não motorizados, em especial o modo por bicicleta (MAGAGNIN, 2011).

CONCLUSÃO

A mobilidade inteligente é um conceito que está sendo cada vez mais discutido por governantes e responsáveis pelo planejamento urbano das cidades, os diversos problemas gerados pela falta de mobilidade urbana tem feito as pessoas necessitarem cada vez mais de dispositivos que o auxiliam de maneira inteligente a se locomoverem. Com isso, o conhecimento das variáveis que influenciam a escolha do indivíduo sobre qual modo de transporte e rota escolher é indispensável.

O artigo apresentou essas variáveis e através do estudo de caso mostrou como elas se comportam e como influenciam na escolha da melhor rota. Além disso, mostrou algumas variáveis que não são muito exploradas ainda (variáveis que caracterizam as pessoas), mas que necessitam serem consideradas, principalmente em um futuro próximo com o avanço da tecnologia da informação e comunicação.

Com o estudo de caso, foi possível ver também que, mesmo a bicicleta sendo a melhor opção, considerando aspectos ambientais, econômicos e sociais, os problemas ainda existem. Portanto, além do desenvolvimento de pesquisa dessas variáveis, talvez até mais importante tenha que ser o desenvolvimento do planejamento urbano das cidades, visando uma mobilidade urbana sustentável. Desse modo, além de aumentar as possibilidades de escolha de meio de transporte e rota, soluciona diversos problemas que a mobilidade urbana enfrenta.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

REFERÊNCIAS

CANCELLI, Diana Maria; DIAS, Nelson Luís. BRevê: uma metodologia objetiva de cálculo de emissões para a frota brasileira de veículos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522014000500013&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 29 dez. 2019.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. **Journal of urban technology**. Routledge, 2011. v. 18, n. 2, p. 65-82. DOI: 10.1080/10630732.2011.601117.

DENNIS, K. **Cars, Cities, Futures**. Department of Sociology. Lancaster University. Lancaster. UK, 2007.

DOCHERTY L.; MARSDEN, G.; ANABLE, J. **The governance of smart mobility. Transportation Research Part A: Policy and Practice.** 2017. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096585641731090X>. Acesso em: 13 out. 2019.

GIFFINGER, R.; FERTNER, R.; KRAMAR, H.; KALASEK, R.; PICHLER-MILANOVIC, N. MEIJERS, E. **Smart Cities - Ranking of European medium-sized cities.** Vienna University of Technology, 2007. Disponível em: http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf. Acesso em: 25 nov. 2019

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados.** 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/pato-branco.html>. Acesso em: 29 nov. 2019.

MAGAGNIN, R. **Cidades sustentáveis: o planejamento da infraestrutura urbana para a circulação de ciclistas.** Universidade Estadual Paulista. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011.

NOBRE, L. Desafios e soluções para a mobilidade urbana. Rio de Janeiro: **FGV Projetos**, outubro de 2015, p. 198. Disponível em: https://conhecimento.fgv.br/sites/default/files/cadernos_fgvprojetos_smart_cities_bilingue-final-web.pdf. Acesso em: 23 nov. 2019.