

Projeto de Doutorado

Carlos Miguel Moreira Gonçalves

March 1, 2024

1 Resumo

2 Introdução

A escalada da urbanização [1] em tempos recentes desencadeou uma série de investimentos significativos na expansão e melhoria das ruas e avenidas, visando facilitar a locomoção nas cidades. Tais investimentos, caracterizados por aportes financeiros substanciais e extensos períodos dedicados à infraestrutura e finalização das obras, refletem o esforço para acompanhar as demandas de uma população em crescimento. No entanto, a ausência de uma análise metódica da infraestrutura viária pode acarretar uma série de consequências adversas, incluindo a proliferação de congestionamentos, o aumento do nível de estresse entre motoristas e passageiros [2], a elevação do risco de acidentes e, consequentemente, um incremento nas emissões de gases nocivos ao meio ambiente [3]. Esses efeitos colaterais não apenas comprometem a eficácia dos investimentos em mobilidade urbana, mas também impactam negativamente a qualidade de vida nas cidades.

Neste contexto, a modelagem computacional é uma ferramenta viável para abordar esses desafios urbanos complexos. Através de simulações precisas, é possível antecipar os impactos decorrentes de intervenções na infraestrutura viária, como a construção de novas vias, melhorias em rotas existentes, ou as consequências de obstruções temporárias provocadas por eventos climáticos adversos ou acidentes. O interesse por esta questão também se origina na presença de fundamentos físicos intrínsecos, tais como a lei da conservação do fluxo e o princípio de minimização de uma função de custo associada, além da manifestação de fenômenos críticos caracterizados por transições de fase entre estados de fluxo livre e congestionamento.

Transições de fase representam transformações fundamentais que ocorrem em vários contextos, desde fenômenos físicos, como a mudança de estados da matéria, até aplicações em engenharia, processos biológicos e a dinâmica de atribuição de tráfego, onde sistemas experimentam mudanças abruptas de estado sob condições variáveis. Essas mudanças abruptas são quantificáveis através de expoentes críticos, os quais não dependem da dimensionalidade do sistema.

Essa independência dimensional sugere que problemas distintos, quando compartilham expoentes críticos similares, podem ser agrupados em uma categoria comum denominada classe de universalidade.

Li et al. [4] demonstram uma transição de fase ao estudarem a dinâmica de tráfego dentro da rede de ruas em Beijing, na qual a partir de um parâmetro que regula se uma via pode está conseguindo passar veículos ou não. Existe um valor crítico, dependente do tempo, que emerge o fenômeno da percolação. Zeng et al. [5]

No entanto, a aplicação desta metodologia enfrenta obstáculos intrínsecos. Em primeiro lugar, a determinação das variáveis que um indivíduo considera ao escolher um percurso dentro do tecido urbano permanece incerta; não está claro se, ou como, as pessoas buscam otimizar seus trajetos em termos de tempo, custo ou conforto. Em segundo lugar, a velocidade de fluxo nas vias urbanas é diretamente influenciada pela densidade de tráfego, tornando a previsão do tempo de percurso uma questão dinâmica, sujeita a flutuações constantes em função do volume de veículos.

Assim como a corrente elétrica naturalmente encontra o caminho de menor resistência numa rede de resistores, e o fluido se desloca através do caminho de menor impedância em um meio poroso, seguindo a Lei de Darcy [6], os motoristas em uma rede urbana também buscam otimizar seus percursos. No entanto, ao contrário dos sistemas físicos regidos por leis bem definidas, o processo de decisão dos motoristas incorpora uma complexidade substancialmente maior. Esta complexidade deriva da diversidade de fatores que podem influenciar a escolha de uma rota, que vão além do mero cálculo de eficiência temporal ou de deslocamento. A seleção de um caminho pode ser afetada por aspectos como congestionamento, conhecimento da área, preferências pessoais, e até condições momentâneas, como o estado do tempo ou o humor do motorista resultando em trajetórias significativamente distintas daquelas focadas no benefício individual, ou uma abordagem altruísta, voltada para o bem-estar coletivo da sociedade.

3 Objetivos

Este projeto pretende estudar o problema de *Traffic Assignment* a partir de simulações computacionais com foco em estudar a estrutura da rede e o seu comportamento perante mudanças na rede como a adesão de novas

References

- [1] Leiwen Jiang, Malea Young, and Karen Hardee. Population, urbanization, and the environment. *World watch*, 2008/9, 01 2009.
- [2] Janice Hegewald, Melanie Schubert, Alice Freiberg, Karla Romero Starke, Franziska Augustin, Steffi G. Riedel-Heller, Hajo Zeeb, and Andreas Seidler. Traffic noise and mental health: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17):

6175, August 2020. ISSN 1660-4601. doi: 10.3390/ijerph17176175. URL <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17176175>.

- [3] Yi Wang, W.Y. Szeto, Ke Han, and Terry L. Friesz. Dynamic traffic assignment: A review of the methodological advances for environmentally sustainable road transportation applications. *Transportation Research Part B: Methodological*, 111:370–394, May 2018. ISSN 0191-2615. doi: 10.1016/j.trb.2018.03.011. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2018.03.011>.
- [4] Daqing Li, Bowen Fu, Yunpeng Wang, Guangquan Lu, Yehiel Berezin, H. Eugene Stanley, and Shlomo Havlin. Percolation transition in dynamical traffic network with evolving critical bottlenecks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(3):669–672, December 2014. ISSN 1091-6490. doi: 10.1073/pnas.1419185112. URL <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1419185112>.
- [5] Guanwen Zeng, Daqing Li, Shengmin Guo, Liang Gao, Ziyu Gao, H. Eugene Stanley, and Shlomo Havlin. Switch between critical percolation modes in city traffic dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(1):23–28, December 2018. ISSN 1091-6490. doi: 10.1073/pnas.1801545116. URL <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1801545116>.
- [6] Edwin N. Lightfoot R. Byron Bird, Warren E. Stewart. *Transport Phenomena*. Wiley, 2 edition, 2001. ISBN 0471410772; 9780471410775.