

## IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS CONECTADOS E COMPARTILHADOS EM BRASÍLIA

**Amanda Basilio Romano**

**Pastor Willy Gonzales Taco**

Universidade de Brasília

Programa de Pós-Graduação em Transportes

### RESUMO

Os problemas existentes na mobilidade urbana dos centros urbanos ocorrem, principalmente, devido a priorização do automóvel sobre os demais modos de transporte. Uma solução seria adotar os veículos autônomos conectados e compartilhados. Enquanto os veículos autônomos compartilhados (SAVs) podem diminuir a frota de automóveis, e com isso os congestionamentos e a emissão de material particulado, os veículos autônomos e conectados (CAVs), permitem reduzir drasticamente dos acidentes de tráfego causados por erro humano. Assim, o presente relatório de dissertação em andamento tem como objetivo avaliar os impactos da implantação de veículos autônomos conectados e compartilhados (VACC) em Brasília, através de simulação de cenários, utilizando o *software* Veins de modo a determinar qual frota de veículos autônomos será necessária para diminuir os congestionamentos nos horários de pico, e assim reduzir a densidade de veículos na via e a emissão de material particulado.

### 1. INTRODUÇÃO

Dentre as mais de 5,2 milhões de viagens realizadas diariamente no Distrito Federal, Brasil, 3,79 milhões (72,4%) são por modos motorizados e 1,44 milhões (27,6%) por modos ativos, e em relação a divisão modal, 46% são realizadas por transporte individual público e privado (METRÔ-DF, 2018). Já em relação a frota de veículos, em fevereiro de 2019 o Distrito Federal possuía 1.823.336 veículos, sendo 1.291.297 automóveis, o que equivale a 70% da frota (Ministério da Infraestrutura/DENATRAN, 2019). Assim, o incremento no número de viagens realizadas pelos moradores do Distrito Federal, nas últimas décadas derivou do aumento no uso do transporte privado individual (automóveis e motocicletas), o que representa uma situação cada vez mais crítica e menos sustentável em termos de impacto social, ambiental e econômico (METRÔ-DF, 2018).

O automóvel está no centro de uma discussão como o objeto poluidor, causando congestionamento em cidades grandes e médias, dando ênfase no transporte individual privado em detrimento do transporte público coletivo (Lara e Marx, 2018). Porém é possível obter uma mobilidade urbana sustentável, e uma das opções seria fomentando o uso compartilhado do automóvel (*carsharing*). O compartilhamento de automóvel funciona como um sistema de aluguel, mas, ao contrário do modelo tradicional, que oferece opções de locação mais longas, o cliente leva o automóvel apenas por algumas horas ou por um dia, com preços mais baixos e ainda com gasolina e seguro, e você tem a opção de deixá-lo em um ponto diferente do ponto de origem da locação (Lara e Marx, 2018). No entanto, os clientes ainda enfrentam barreiras de disponibilidade de veículos nas proximidades: se uma pessoa está preocupada com a possibilidade de ficar preso no trânsito, esperar muito tempo ou caminhar uma grande distância para acessar um veículo, ele pode optar por dirigir seu próprio automóvel (Fagnant e Kockelman, 2014).

Sendo assim, uma solução seria adotar os veículos autônomos compartilhados (*Shared Autonomous Vehicles - SAVs*, em inglês), em que os clientes são capazes de acessar o veículo usando aplicativos de telefone celular, em vez de procurar e caminhar longas distâncias até um veículo disponível, sendo um serviço de mobilidade sob demanda, e se tornará parte essencial do modelo Mobilidade-como-um-Serviço (*Mobility as a Service – MaaS*, em inglês) no futuro (Katsuki e Taniguchi, 2018). Os serviços de mobilidade sob demanda têm crescido nos últimos

anos, como o compartilhamento de bicicletas e caronas, que oferece aos usuários mais flexibilidade nas cidades (Alazzawi, et al., 2018). Os SAVs poderiam transformar o transporte para muitos: de um ativo próprio para um serviço de assinatura ou pagamento sob demanda, pelo menos em áreas onde a densidade populacional torna tais sistemas economicamente viáveis, sendo assim o número de viagens por carros privados diminuiria (Fagnant e Kockelman, 2014; Fagnant, Kockelman e Bansal, 2015; Katsuki e Taniguchi, 2018). Além disso, esta forma de mobilidade permite aqueles que possuem algum impedimento para conduzir um automóvel, como deficientes, menores de idade e idosos, ou até os que não possuem carteira de habilitação, a poderem se locomoverem pelo automóvel ocasionalmente. E também por não haver necessidade de dirigir, o cliente do sistema pode realizar outras atividades durante sua viagem com segurança. Cada SAV também pode mover-se (desocupado) para o próximo viajante ou deslocar-se enquanto estiver desocupado para um local mais favorável, para estacionamento de baixo custo e serviço de passageiro futuro mais rápido. Com isso a necessidade de estacionamentos é reduzida, resolvendo o problema em que apesar da grande frota de automóveis particulares, estes se encontram em sua maior parte do tempo ociosos estacionados.

Ainda os veículos conectados e autônomos (*Connected and Autonomous Vehicle – CAVs*) podem se comunicar uns com os outros, compartilhar informações em tempo real e controlar movimento coordenadamente, graças à comunicação sem fio Veículo a Veículo (V2V), veículo a infraestrutura (V2I) e instalações de computação e unidades de controle integradas (Gong e Du, 2018). Inicialmente os CAVs vão existir em conjunto com os veículos regulares, em um fluxo de tráfego heterogêneo. O tráfego rodoviário será composto de CAVs e veículos regulares simultaneamente, com CAVs sob controle de máquinas e algoritmos, e veículos regulares sob a operação de motoristas humanos (Ye e Yamamoto, 2018).

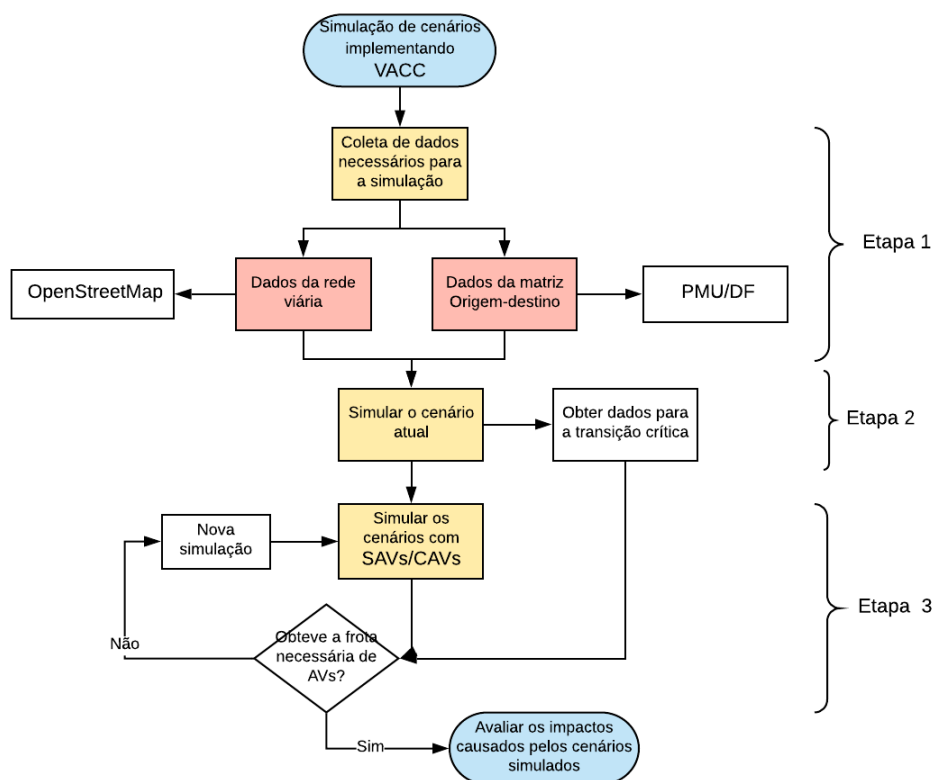
Sendo assim, a implantação de veículos autônomos conectados e compartilhados em Brasília (Distrito Federal) poderá reduzir os problemas de mobilidade, tais como congestionamentos, acidentes, entre outros? Nesse contexto a dissertação em andamento tem como objetivo geral avaliar os impactos advindos da implantação dos veículos autônomos conectados e compartilhados no sistema de transporte de Brasília, DF. Como objetivos específicos espera-se: determinar a frota de veículos autônomos conectados e compartilhados necessária para diminuir os congestionamentos nos horários de pico; comparar o cenário atual com os cenários simulados em relação a densidade de veículos nas vias; e, comparar o cenário atual com os cenários simulados em relação a emissão de material particulado.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia proposta para a previsão e simulação de novos cenários implementando veículos autônomos conectados e compartilhados (VACC) em Brasília, compreende duas Fases. A Primeira Fase envolve a Revisão Sistemática da Literatura na que serão identificados estudos relacionados com a presente proposta. A segunda Fase está diretamente relacionada com o Processo de Simulação da Implantação dos VACC e sua estrutura é apresentada na Figura 1.

**Etapa 1: Coleta de dados:** Para executar a simulação é necessário obter os dados de entrada que seriam a rede viária e a matriz origem-destino do estudo de caso Brasília. Para se obter a rede viária pode-se usar o OpenStreetMap, e depois de gerar o mapa este pode ser exportado para o software que será usado na simulação. Já a matriz origem-destino é possível obter através

dos dados publicados pelo metrô-DF na Pesquisa de Mobilidade Urbana do Distrito Federal (PMU/DF).



**Figura 1:** Processo de Simulação da Implantação dos VACC

**Etapa 2: Simulação do cenário atual:** Para a simulação dos cenários será usado o *software* Veins que é baseado em dois simuladores bem estabelecidos: o OMNeT ++, um simulador de rede baseado em eventos, e o SUMO, um simulador de tráfego rodoviário. A simulação do tráfego rodoviário é realizada pelo SUMO, enquanto a simulação de rede é executada pelo OMNeT ++ juntamente com o kit de ferramentas de modelagem de camada física MiXiM. Ao se inserir os dados de rede viária e matriz origem-destino no software Veins será possível realizar simulações do cenário atual. Deve-se assumir uma média de passageiros por automóveis particulares. O cenário atual nos horários de pico em que há congestionamentos serão analisados, e assim será possível definir qual a porcentagem de veículos deve ser retirada do cenário para a transição para um fluxo livre (transição crítica).

**Etapa 3: Simulação de cenários com veículos autônomos conectados e compartilhados:** Nesta etapa serão simulados cenários em que haverá uma mistura de veículos regulares com veículos autônomos conectados e compartilhados, implementando as diferenças entre os dois modos de viagens. Além disso, o veículo autônomo sempre estará na simulação, mesmo desocupado, adaptando-se a situação do trânsito se direcionando para áreas de alta demanda de mobilidade, e assim buscando novos passageiros nas proximidades com rotas semelhantes. Este buscará dirigir, sempre que possível, com a capacidade máxima predefinida de passageiros nos veículos autônomos, que será adotada como 6 lugares. Será utilizado como apoio, para esta etapa, estudo realizado por Alazzawi, et al. (2018)

Um veículo autônomo começa na simulação com o status de não atribuído, sendo somente alterado para atribuído quando uma pessoa não atribuída for encontrada, e ele calcular a rota até ela. Quando o veículo estiver dirigindo com uma pessoa a bordo, o seu status é definido como ocupado. Como os veículos não saem da simulação, o status pode mudar continuamente. Quando uma pessoa é criada na simulação, até ser combinada com um veículo é considerada não atribuída. Quando um veículo combina com ela, esta passa a ser atribuída, e quando se encontra dentro do veículo, passa a ser conduzida. Quando a pessoa alcança o seu destino está é retirada da simulação. Para se definir o tamanho da frota de veículos autônomos conectados e compartilhados, deve-se obter a porcentagem de redução necessária de veículos regulares no horário de pico para a transição crítica, e assim se analisar quantos veículos regulares devem ser substituídos por veículos autônomos, considerando que este busca estar, sempre que possível, totalmente ocupado enquanto os veículos regulares possuem uma média de passageiro por veículo baixa.

### 3. CONSIDERAÇÕES

Observando o caso de estudo, das viagens realizadas em Brasília, 46% destas são realizadas por transporte individual; e em relação a sua frota de veículos, 70% equivale aos automóveis. Notadamente Brasília é uma cidade que prioriza o automóvel particular, assim como muitos outros centros urbanos, o que deve ocasionar os principais problemas de mobilidade urbana (como congestionamentos, poluição sonora e atmosférica, e alta taxa de acidentes). A implantação de veículos autônomos conectados e compartilhados poderia auxiliar na redução da frota de veículos particulares, da emissão de material particulado e do número de acidentes.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alazzawi, S., M. Hummel, P. Kordt, T. Sickenberger, C. Wieseotte e O. Wohak (2018). Simulating the Impact of Shared, Autonomous Vehicles on Urban Mobility - A Case Study of Milan. SUMO 2018- Simulating Autonomous and Intermodal Transport Systems, 2, pp. 94-110.
- Fagnant, D. J. e K. M. Kockelman (2014). The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. Transportation Research Part C, 40, 1-16.
- Fagnant, D. J., K. M. Kockelman e P. Bansal (2015). Operations of Shared Autonomous Vehicle Fleet for Austin, Texas, Market. Transportation Research Record, 2563, pp. 98-106.
- Gong, S., e L. Du (2018). Cooperative platoon control for a mixed traffic flow including human drive vehicles and connected and autonomous vehicles. Transportation Research Part B, 116, pp. 25-61.
- Katsuki, H. e M. Taniguchi (2018). Introducing mobility sharing with automated driving: Reducing time and space for parking. WIT Transactions on the Built Environment., pp. 319-328.
- Lara, F. F. e R. Marx (2018). Comparative positioning between Brazilian subsidiaries and European matrices on Electromobility and carsharing technologies. Research in Transportation Business & Management, 27, 67-74.
- METRÔ-DF. (2018). Plano de Desenvolvimento do Transporte Público sobre Trilhos do Distrito Federal – PDTT/DF – Relatório Final.
- Ministério da Infraestrutura/DENATRAN. (2019). Frota por UF e Tipo de Veículo - Frota Nacional (Fevereiro 2019). Acesso em jun. de 2019, disponível em <https://www.denatran.gov.br/estatistica/639-frota-2019>
- Ye, L. e T. Yamamoto (2018). Impact of dedicated lanes for connected and autonomous vehicle on traffic flow throughput. Physica A, 512, pp. 588-597.

---

Amanda Basilio Romano (amandaromano27@gmail.com)

Pastor Willy Gonzales Taco (Pwgtaco@gmail.com)

Programa de Pós-Graduação em Transportes, Universidade de Brasília

Campus Universitário Darcy Ribeiro, Anexo SG-12, 1º andar – Asa Norte, Brasília, DF, Brasil