Nas grandes cidades, o elevado número de veículos causam, diariamente, problemas diversos, tais como: congestionamentos, aumento do tempo de deslocamento, acidentes, altos índices de poluição, estresse na população e danos na infraestrutura viária.

Por todos esses motivos, o transporte público é extremamente importante para o crescimento com qualidade de uma cidade. Um único veículo consegue transportar diversas pessoas e, consequentemente, retirar das ruas, vários carros.

Mas, para que a população opte por utilizar o transporte público ao invés de carros particulares, é necessário que o serviço ofertado possua um nível mínimo de eficiência. Os veículos precisam oferecer conforto, possuir uma boa frequência de viagem, estarem disponíveis ao longo do dia e ofertarem preços justos para que o cidadão consiga deslocar-se rapidamente entre pontos diversos da cidade, sem a necessidade de longas viagens e/ou longas esperas em estações.

Mas, infelizmente, muitas cidades brasileiras não possuem um transporte público de qualidade, nem estrutura para comportá-lo. O que observa-se é: veículos lotados, longas esperas por veículos em estações, a necessidade de grandes deslocamentos a pé com a finalidade de alcançar a estação de transporte público e a precariedade dos transportes. Estes problemas acabam por causar a evasão de uso por parte da grande maioria da população. E esta evasão da população acaba por aumentar o preço das viagens para aquele cidadão que permanece usando o serviço.

Tentar minimizar esses problemas do transporte público, passa por um ponto importante que é a disponibilidade de veículos em determinadas áreas da cidade, e este ponto leva ao conceito de acessibilidade. A acessibilidade do transporte público, mede o quão alcançável é o transporte público para a população, ou seja, o quão fácil/rápido se pode chegar a ele. Quando uma região tem pouca circulação de veículos, considera-se que é uma localidade pouco acessível. Isso faz com que as pessoas precisem se deslocar mais, usando meios próprios e acabam perdendo tempo nesse processo.

Outro ponto crítico de um transporte público é a distribuição de sua rede. Se uma região possui muita frequência de veículos, são grandes as chances deles estarem quase vazios, da mesma forma que grandes intervalos de tempo entre um veículo e outro causam superlotação ou evasão de pessoas para outros modos de transporte que estão à disposição a qualquer momento.

Entretanto, a atividade de ajustes em, por exemplo, horários, frotas e rotas do transporte público tentando resolver problemas de acessibilidade não é tarefa fácil para os gestores do sistema, pois é difícil prever como a população vai se comportar diante de mudanças nos cronogramas, horários dos veículos e trajetos. Certas mudanças podem tornar inviável a utilização de transporte público por conflito de horário (a pessoa pode chegar atrasada ao destino) ou por estar muito longe da parada mais próxima.

Neste estudo, utilizamos a simulação baseada em agentes para identificar o quão acessível a rede de transporte público está para a população. Usar softwares de simulação facilita e acelera o processo de identificação de regiões muito ou pouco acessíveis. Desta forma, é possível montar cenários no simulador e os resultados contribuírem no processo de tomada de decisão sobre realizar as mudanças no mundo real.

Neste trabalho foi desenvolvido um estudo de caso na cidade de Mossoró - RN, onde os dados da rede de transporte público foram coletados antes da pandemia de Covid-19. A escolha de Mossoró se deu por esta ser uma cidade de médio porte, com 16 linhas de ônibus, onde a frequência de ônibus é irregular em alguns lugares, permitindo que meios alternativos como, transportes por fretamentos, táxis clandestinos e motoristas de aplicativos, conquistem os clientes, fazendo a empresa de transporte público ter mais complicações com baixa receita, forçando-os a reduzir ainda mais os horários e cortar linhas.

Buscando construir um raio-x da rede de Mossoró, identificando situações críticas para possíveis proposições de melhorias, as simulações realizadas buscaram analisar o deslocamento de pessoas em pontos extremos da cidade em diferentes horários. Assim, foi possível observar os melhores e piores horários, os pontos mais ou menos acessíveis na rede e a prioridade do modo de deslocamento, ou seja, se foi melhor o usuário ir a pé ou de ônibus.

Baseado no estudo de Ingram (1971), Allen et. al. (1993), entre outros, foram realizados cálculos que permitiram identificar os indicadores de separação espacial, quantidade de viagens e oferta do sistema de transporte público da cidade de Mossoró. Estes diferentes indicadores utilizam a acessibilidade relativa ou integral, o número de pontos na rede, os custos, etc.

Os resultados obtidos mostram uma grande concentração de linhas na região central da cidade, enquanto que regiões periféricas apresentaram índices de acessibilidade ruins, quanto à distância e ao tempo.

Este artigo está organizado como segue: a seção 2 apresenta uma revisão da literatura sobre transporte público. A seção 3 detalha o processo de simulação baseado em agentes. A seção 4 descreve a construção do cenário e os resultados da simulação. E a seção 5, as principais observações e conclusões.

Teoria e Trabalhos relacionados

Nesta seção você vai falar sobre toda a teoria usada no trabalho. Por exemplo, apresentar as equações usadas para análise, referenciando o artigo original e explicando cada uma.

Descreve os conceitos que estão envolvidos no processo.

Descrever outros trabalhos que fazem análise parecida com a feita neste trabalho.

A acessibilidade pode ser medida através de índices que agregam informações como distâncias, tempos, frequências de veículos, etc. Pelo artigo “Índice de acessibilidade para comparação dos modos de transporte privado e coletivo”, foi observado diversos índices onde foi possível encontrar indicadores de separação espacial, utilizado neste trabalho.

Usando a fórmula de Ingram (1971), obteve-se a acessibilidade integral do ponto ‘i’ onde foram usadas as paradas, mostrando a distância entre cada uma. O menor valor indica o ponto mais central entre as paradas e o mais acessível. Com a fórmula de Allen et al. (1993), é possível encontrar a acessibilidade da zona ‘i’, usando o tempo médio de deslocamento entre as rotas de ônibus.

Metodologia

Descrever como o estudo foi elaborado. Quais as fontes de dados utilizadas. Como se procedeu com as análises. Descrever o passo a passo em alto nível de como chegamos aos resultados.

Exemplo-> Inicialmente foi feita a coleta de dados a partir de uma parceria com a empres XPTO…

Foram obtidas informações de rotas e paradas através de aplicativos como Google Maps, Cittamobi e Moovit, além de uma parceria com a empresa Cidade do Sol. Nas redes sociais desta empresa, foram obtidos os horários de cada viagem de cada ônibus. As informações de cada veículo foram retiradas do site “[OB - Ônibus Brasil (onibusbrasil.com)](https://onibusbrasil.com/)”, e a população foi criada artificialmente por meio de um algoritmo que gera rotinas aleatórias em posições aleatórias.

Esses dados foram agregados na simulação no MATSim e foi possível ver o comportamento da população artificial em um modelo que usa dados reais.

Após ter uma ideia sobre o formato dos dados de saída, foi criado um cenário onde pessoas saem de pontos extremos da cidade e vão para outros pontos extremos, em intervalos de uma em uma hora, começando das 5 e indo até as 23 horas. Também foram feitas algumas simulações usando esse modelo, mas com o dobro de horários, ou seja, pessoas saindo de 30 em 30 minutos e com a metade de horários, pessoas saindo em horários selecionados (horários considerados de pico).

Os resultados obtidos a partir do MATSim foram tempo de espera, tempo de viagem (que inclui o tempo de espera), modo de deslocamento, parada de início, parada de chegada, distância deslocada, entre outros. Usando algoritmos escritos em Python (usando a biblioteca Pandas, trabalhando com Datasets), foi possível obter informações importantes, para cada rota, como média de espera e de viagem, mediana de espera e de viagem, moda de espera e de viagem, maior tempo de espera, maior tempo de viagem, menor tempo de espera, menor tempo de espera, e número de deslocamento válidos pois todos esses dados foram retirados a partir de deslocamentos feitos usando, obrigatoriamente, o transporte público pelo menos uma vez. Ou seja, viagens onde a pessoa passou o tempo todo andando, são descartadas (isso no próprio algoritmo Python).

De posse desses tempos, procurou algum índice de acessibilidade onde poderia usar isso. Em Allen et al. (1993) o custo despendido para se deslocar entre as zonas i e j, foi, nesse caso, o tempo médio de viagem e o número de pontos utilizados no cálculo foram o número de rotas analisadas. Esses tempos também foram usados na fórmula criada por Lílian dos Santos Fontes Pereira Bracarense e Jéssica Oliveira Nunes Ferreira (2018), onde é necessário tempo máximo e mínimo de viagem e o tempo atual da viagem da rota ‘i’ até o destino ‘j’.

Resultados

O software usado na simulação do cenário é o MATSim e para visualizar o movimento dos ônibus e das pessoas bem como as paradas de ônibus é usado o Simunto Via. O mapa da cidade foi extraído do OpenStreetMap. As paradas foram obtidas através do Google Maps e dos aplicativos Cittamobi e Moovit. As rotas dos ônibus vieram de informações que a empresa de transporte coletivo (Cidade do Sol) disponibiliza nas redes sociais e também em alguns dos aplicativos falados acima.

Conclusão

Descrever as conclusões do trabalho e próximos passos

Referências

Usar normas da ABNT