

Simulação Aplicada no Transporte Público Urbano: Análise da Linha 407L/10 Barro Branco – Guilhermina Esperança em Horário de Fluxo pela Manhã

Graziely Couto da Silva¹

graziely.silva@fatec.sp.gov.br

Juliana da Silva Costa¹

juliana.costa22@fatec.sp.gov.br

Rafael Gonçalves de Jesus¹

rafael.jesus8@fatec.sp.gov.br

*Simulation Applied in Urban Public Transport: Analysis of
Line 407L/10 Barro Branco – Guilhermina Esperança in
Morning Flow Schedule*

*Simulación Aplicada en el Transporte Público Urbano:
Análisis de la Línea 407L/10 Barro Branco – Guilhermina
Esperança en Horario de Caudal Matutino*

Palavras-chave:

Transporte Público.
Simulação.
Mobilidade.
Acessibilidade.

Keywords:

Transportation.
Simulation.
Mobility.
Accessibility.

Palabras clave:

Transporte público.
Simulación.
Movilidad.
Accesibilidad.

Enviado em:

05 novembro, 2023

Apresentado em:

05 dezembro, 2023

Publicado em:

04 outubro, 2024

Evento:

6º EnGeTec

Local do evento:

Fatec Zona Leste

Avaliadores:

Rosinei Batista Ribeiro
Sebastião Marcelo
Fernandes de Azevedo



Resumo:

O presente artigo tem por objetivo fornecer uma análise qualitativa da operação dos coletivos da linha 407L que parte do Barro Branco até a Guilhermina Esperança, localizada na Zona Leste de São Paulo, nos horários de picos para assim entender os possíveis gargalos e transtornos em seu funcionamento. Para isso além de apontamentos através de análises em relatos e periódicos referente a linha, será utilizada uma simulação, em conjunto com o software ARENA para que possamos identificar os pontos críticos e encontrar possíveis soluções para aumentar a mobilidade e acessibilidade da operação. A linha será analisada em horário chaves (que são os que mais apresentam problema na operação), sendo estes: o horário da manhã onde há um grande fluxo de pessoas em deslocamento, e o horário da tarde onde o grande fluxo se dá devido ao retorno dos usuários que tomaram os coletivos pela manhã. A análise não se estendeu a horários secundários pelo entendimento de que, ao resolver os problemas da linha dentro de seu período mais crítico de funcionamento, os transtornos identificados nos horários secundários de operação serão possivelmente sanados.

Abstract:

The purpose of this article is to provide a qualitative analysis of the operation of the buses on line 407L, which runs from Barro Branco to Guilhermina Esperança during peak hours, in order to understand the possible bottlenecks and disruptions in its functioning. To achieve this, in addition to insights gained through analyses of reports and publications related to the line, simulation will be used in conjunction with the ARENA software to identify critical points and find possible solutions to enhance the mobility and accessibility of the operation. The line will be analyzed during key hours (which are the ones that present the most operational issues), including the morning rush hour when there is a significant flow of people commuting and the afternoon rush hour when a large number of users return from their morning bus rides. The analysis did not extend to secondary hours, as it is understood that by addressing the line's issues during its most critical operating period, the disruptions identified during secondary operating hours will likely be resolved.

Resumen:

Este artículo tiene como objetivo proporcionar un análisis cualitativo del funcionamiento de los ómnibus de la línea 407L que parten de Barro Branco hacia Guilhermina Esperança, ubicada en la Zona Este de São Paulo, en horas pico para comprender los posibles cuellos de botella e inconvenientes en su funcionamiento. Para ello, además de las anotaciones a través de análisis en informes y publicaciones periódicas respecto a la línea, se utilizará una simulación, junto con el software ARENA, de manera que podamos identificar puntos críticos y encontrar posibles soluciones para aumentar la movilidad y accesibilidad de la operación. La línea se analizará en momentos clave (que son los que presentan más problemas en la operación), a saber: el horario de la mañana cuando hay un gran flujo de personas en movimiento, y el horario de la tarde cuando el gran flujo se debe al regreso de los usuarios que tomaron los colectivos por la mañana. El análisis no se extendió a las horas secundarias debido a la comprensión de que, al resolver los problemas de la línea dentro de su período más crítico de operación, posiblemente se subsanarán los inconvenientes identificados en las horas secundarias de operación.

¹ FATEC Zona Leste

1. Introdução

A mobilidade urbana é um ponto importante de debate quando se trata da convivência nas cidades. Ela está intimamente relacionada com a forma como os cidadãos conseguem interagir com a cidade, assim como o acesso que a população detém as demandas básicas como saúde, educação, trabalho, etc. Este papel social irredutível da mobilidade urbana torna vital a discussão dos diferentes problemas e necessária a busca por soluções que melhorem a qualidade de vida do cidadão.

1.1. A Importância do Transporte Público na cidade de São Paulo

O transporte público coletivo detém uma grande importância para a sociedade. Este é o meio de transporte mais utilizado na cidade de São Paulo. De modo geral, levando em consideração os ônibus, são transportados na cidade, em média, 2,5 milhões de pessoas por dia, em uma frota com cerca de 12.000 ônibus, distribuídos em 1.300 linhas, tendo em vista que 150 delas fazem parte do Noturno – Rede de ônibus da madrugada, da 0 às 4h (SPTrans, 2023).

Segundo Bertucci (2011) o ônibus possui diversos benefícios, podendo transportar até 72 pessoas ocupando um espaço de 30m². Enquanto isso, para transportar a mesma quantidade de pessoas por carro, seriam necessários 60 veículos ocupando mais de 1.000m². Além do ganho de espaço, vale ressaltar o aumento na velocidade do transporte por conta da redução dos engarrafamentos, maior segurança e ganhos quanto a tempo e dinheiro, por evitar negociações de seguro, visitas a delegacias ou hospitais devido a acidentes e outros imprevistos associados ao uso de um carro. Estes benefícios valem tanto para o indivíduo, quanto para a sociedade.

Há um componente social a ser entendido no uso dos transportes públicos. As transformações intensas na Região Metropolitana de São Paulo desde a década de 80 até o presente, geraram um “fosso” espacial entre o ponto onde se instalam as atividades econômicas e as áreas periféricas de moradia. (Taschner e Bogus, 2003 citado por Cardoso, 2008). Esta distribuição desigual entre o local de moradia e trabalho torna uma grande parte da população ainda mais dependente do transporte público e por isso mais suscetível aos problemas nele contidos.

Ainda segundo Cardoso (2008), é possível ainda mitigar a desigualdade social ao se promover uma política de transporte público que aumente a mobilidade das pessoas. Desta forma, identificar e entender os problemas do transporte público pode ser extremamente benéfico para a sociedade, visto o impacto que possui em campos que vão da economia à qualidade de vida.

1.2. Problemas envolvendo a qualidade do transporte coletivo.

Segundo relatório da SPTrans (São Paulo Transporte S/A) seu principal objetivo é: entregar um transporte público sustentável e inclusivo, de modo a proporcionar a locomoção de seus usuários com qualidade, segurança e eficiência. (SPTrans, 2023)

Claro que na teoria proporcionar qualidade e eficiência é muito mais fácil do que na prática, isso porque o meio coletivo de transporte ainda se mostra com muitas necessidades de melhorias. Na Figura 1, podemos observar alguns índices importantes no que concerne a satisfação dos usuários com o serviço prestado.

O gráfico na Figura 1 representa a pesquisa feita pela Mobilize em 2016 com os usuários dos coletivos. Os pontos representados são os contemplados na Lei 14.173 de 26 de junho de 2006 que determina quais são os indicadores de qualidade dos serviços públicos na cidade de São Paulo. É importante aqui notar que os dados apontam uma grande insatisfação com a lotação, tempo de espera nos pontos de ônibus e terminais e a pontualidade.

Segundo dados do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) 44,3% das pessoas na capital paulista utilizam o meio de transporte público (IPEA, 2023). Isso faz com que esse seja um dos meios de transportes mais utilizados e conseqüentemente por sua alta demanda o serviço ainda sofre com a

falta de estrutura, como pontos adequados para os usuários, a superlotação que é reflexo de uma frota que não dá conta de suprir a demanda diária em determinados horários do dia e os frequentes atrasos nas linhas, isso sem contar as vezes em que os coletivos não param nos pontos que deveriam por conta do excesso de pessoas a bordo do veículo.

Figura 1 – Avaliação do Serviço Público de Ônibus de São Paulo em 2016



Fonte: Mobilize (2016)

Esses mesmos problemas são recorrentes também na linha 407L-10 (Barro Branco – Guilhermina Esperança) na zona leste, a linha enfrenta diversos problemas tais como os já citados: lotação, atrasos, ônibus que não param em seus respectivos pontos de parada. Além de diversos fatos que contribuem ainda mais para má operação dessa linha, que além de grande abrange um grande número de pessoas que ao saírem do seu ponto inicial (Barro Branco) só tem essa linha como opção para chegar em destinos como a Estação de Guaianazes. No ponto referido a única linha que sai de lá é essa, logo quando chega em determinados pontos, o veículo já está tão cheio que impossibilita a entrada de novos passageiros. (Diário do Transporte, 2020).

2. Fundamentação Teórica

2.1. Mobilidade e Acessibilidade

A mobilidade da população é ponto importante de deliberação. Sendo que para Tagore e Skidar, o conceito de mobilidade é a capacidade dos indivíduos de se deslocarem de um lugar a outro. Ainda, segundo Hansen (1959, apud Raia Junior, 2000), o conceito de mobilidade consiste em dois componentes: (1) a performance do sistema de transporte (envolvendo elementos de infraestrutura, local onde a pessoa se encontra e direção do deslocamento) e o (2) as características do indivíduo e suas necessidades.

Entendendo a conceituação de mobilidade, Cardoso (2008) indica que além da mobilidade é de interesse também entender o conceito de acessibilidade. Estando este conceito relacionado com a facilidade de acesso do indivíduo ao transporte. Separa-se então em dois conceitos: (1) acessibilidade ao sistema de transporte, o qual é definido pela facilidade do usuário de chegar ao transporte a partir de sua moradia e (2) acessibilidade de destinos, onde é medido o tempo entre o ponto de desembarque e a chegada ao destino final.

A partir desses critérios, entende-se a acessibilidade como uma relação entre pessoas e espaço, e que, independentemente da realização de viagens, mede o potencial ou oportunidade para deslocamentos

a atividades selecionadas. Sendo assim, a acessibilidade estaria diretamente relacionada à qualidade de vida dos cidadãos e traduziria a possibilidade de as pessoas participarem de atividades do seu interesse (Araújo, 2011)

Entendendo estes conceitos, fica mais claro, que segundo Cardoso (2008), o melhor para o usuário do serviço é que este disponha de uma quantidade de pontos de parada próximos aos pontos de partida e destino, assim como contar com uma frequência adequada do serviço.

2.2. Simulação, Modelo e Eventos

Segundo Banks (2005), a simulação é a imitação de um processo do mundo real ou um sistema ao longo do tempo. Para utilizá-la, estabelece-se uma história artificial para um sistema e se observa o desenrolar desse processo para gerar inferências sobre o mundo real.

Para que ocorra a simulação é necessário criar um modelo, que será então a representação do sistema que se deseja observar. Enquanto isso, um evento é o que muda o estado do sistema, sendo necessário muitas vezes entender o impacto dos eventos no sistema estabelecido.

Para se realizar esse método, é necessário o uso de linguagens de simulação e hoje muitas são conhecidas mundialmente, entre elas, a linguagem Arena (Costa, 2006). Há muitas vantagens envolvidas no uso das simulações, como Banks (2005) descreve, ela permite compressão e expansão do tempo, identifica gargalos, permite visualizar os efeitos de um plano, explora possibilidade e permite uma compreensão geral do sistema de interesse.

2.3. ARENA

Segundo Fernandes (2012) o ARENA foi produzido para simular sistemas conduzidos por eventos e analisar o impacto de alterações no sistema real. É um software cuja grande vantagem está associada ao uso de simuladores de alto nível, flexibilidade de linguagens de simulação e ainda sua integração com outros softwares como o Microsoft Office.

O ARENA é programado para funcionar em módulos que quando interligados fornecem a lógica do funcionamento do modelo. O programa fornece tantos módulos já prontos, como permite também a configuração personalizada por parte do usuário do software, de acordo com o que ele entender necessário. Os diversos recursos disponíveis garantem grande variabilidade de simulações e ainda dispões de auxílios visuais para melhor compreensão da interligação do sistema.

Assim, segundo Fernandes (2012), o uso do software ARENA permite construir modelos de forma intuitiva, assim como também sua forma de controle pela interligação dos módulos e ajustes nos parâmetros desejados.

2.4. Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica é um método muito utilizado em todos os campos da ciência. Para Marconi e Lakatos (2007) um conhecimento obtido de modo racional deve ser conduzido por meio de procedimentos científicos, dentre os quais figuram ferramentas tanto quantitativas, quanto qualitativas. Segundo Magnago (2008), as ferramentas qualitativas são baseadas em queixas pessoais, conhecimento específico dos ambientes de trabalho, conversas, entrevistas ou tempo de casa, ao contrário das ferramentas quantitativas, que necessitam de instrumentos científicos. Essas ferramentas podem servir para fundamentar uma síntese ou permitir uma análise teórica.

Durante o desenvolvimento de uma pesquisa segundo Severino (2014) esta tem que desenvolver uma discussão e provocar uma reflexão sobre o problema. Segundo Godoy e Alves (2004), o pesquisador tem como alvo analisar a literatura especializada e deve também ter habilidades para interpretar, reconhecer e descrever o que é relevante. Esses conceitos foram o que nortearam a pesquisa científica realizada, escolha e análise dos documentos e da bibliografia.

3. Materiais e Métodos

Nesse trabalho foi realizada uma análise documental e bibliográfica, de cunho qualitativo, utilizando de uma base teórica e prática. O foco foi apresentar um estudo sobre o que ocasiona as grandes filas na linha do transporte urbano: 407L/10 em horário de pico pela manhã, assim como as formas pelas quais o órgão responsável pelo gerenciamento dos coletivos em São Paulo, neste caso a SPTrans, interage com a situação.

A base teórica foi fundamentada sobre o registro disponível, buscando informações através de dados e conceitos coletados em livros, artigos, relatórios de órgãos oficiais e outros textos que abordem o tema de uma forma geral. A base prática, por sua vez, foi embasada no levantamento de dados secundários obtidos na literatura.

Uma vez estabelecida a pesquisa, os dados foram trabalhados com o auxílio do software ARENA *Simulation*, no qual foram realizadas simulações de acordo com a Teoria das Filas. Segundo Rodrigues (2022), é possível utilizar modelos que permitam a otimização de um sistema com aumento aleatório, sendo realizado um processo com medidas que permitam verificar a performance de um sistema de filas.

3.1. Coleta de Dados

Os dados foram coletados utilizando como apoio as informações fornecidas pelos órgãos oficiais, mais especificamente a SPTrans que é o órgão responsável pelo gerenciamento dos transportes na cidade de São Paulo. Os dados foram cedidos tendo em vista a Lei de Acesso a Informação – Lei Federal nº 12.527/2011 e o Decreto Municipal nº 53.623/2012.

3.2. Tratamento dos Dados

Os dados foram tratados através de uma simulação feita por meio do Software ARENA *Simulation*. Segundo a PARAGON (2005) o funcionamento desse software é baseado no uso de Módulos de Fluxograma, que define os pontos de entrada e saída, sendo assim determinantes para o fluxo do processo, além do Módulo de Dados, usado para inserir, editar ou excluir os dados de interesse.

O modelo criado então contará com uma estrutura para servir de base, representando os elementos fixos desse sistema, ao qual chamamos de recursos e fará circular por ele os elementos que precisam passar pelo sistema, o que chamamos de entidades.

Através do uso do modelo criado neste software, fizemos uma análise mais assertiva dos dados coletados, auxiliando assim nas conclusões da pesquisa.

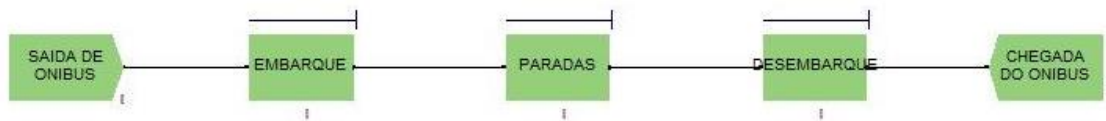
4. Resultados e Discussões

Dentro da linha estudada existe o processo de filas (embarque, desembarque, paradas, e tempo de espera), no qual o passageiro é a entidade que faz uso do transporte coletivo para suas locomoções, os usuários entram no ônibus e realizam o trajeto Barro-Branco / Guilhermina Esperança, que tem tempo médio de trajeto de 1 hora e 10 minutos.

Construiu-se com base nisso dentro do ARENA um modelo que representasse o fluxo desse processo de filas como pode ser visto na Figura 2.

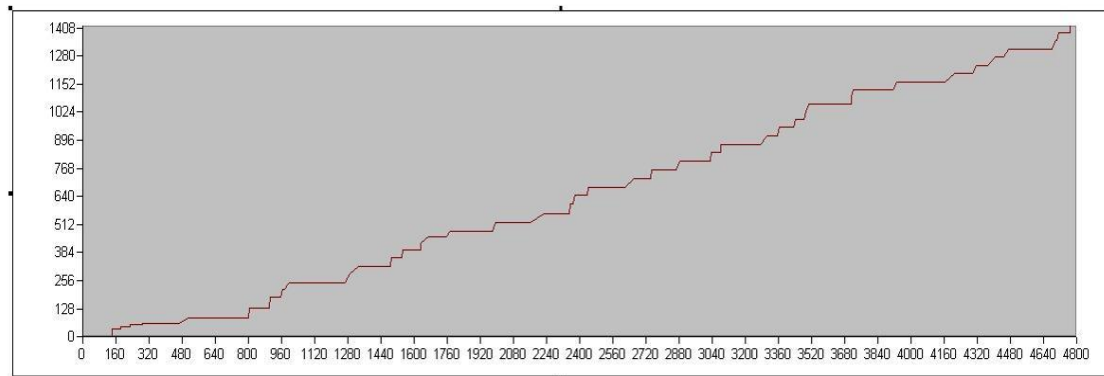
Como é observado na Figura 2, a ideia é assim estabelecer quais as etapas esse sistema de fila precisa compor. Os módulos correspondem aos processos que precisam ser executados dentro desse fluxo e se considera assim a influência do embarque, as paradas e o desembarque. Uma vez construído o modelo, podemos rodar a simulação para observar onde estará o problema. As informações obtidas através do software nesta primeira simulação estão presentes no Gráfico 2.

Figura 2 – Modelo de simulação do tempo de parada



Fonte: Software ARENA

Gráfico 2 – Simulação do tempo de paradas



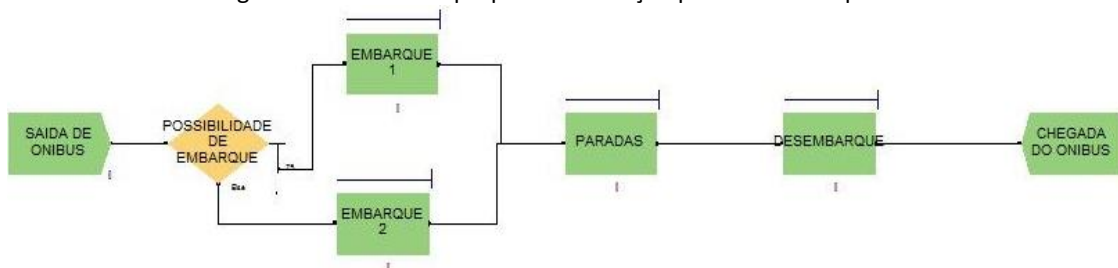
Fonte: Software ARENA

O Gráfico 2 pode ser compreendido ao ser construído em tempo de execução por tempo da fila. A elaboração da simulação indica um crescimento lento do processo, identificando pequenos gargalos que prolongam o tempo de execução de maneira praticamente constante.

Analisando essas informações, podemos deduzir que o sistema não está funcionando de maneira totalmente eficiente, uma vez que o prolongamento do tempo se estende de maneira prejudicial, acumulando o problema no funcionamento até que os valores tenham alcançado patamares muito altos.

Para tentar uma solução para esse sistema, é possível elaborar uma opção que impacte diretamente o tempo de execução de cada um dos processos. Demonstra-se isso na Figura 3.

Figura 3 – Modelo de proposta de solução para o fluxo de paradas



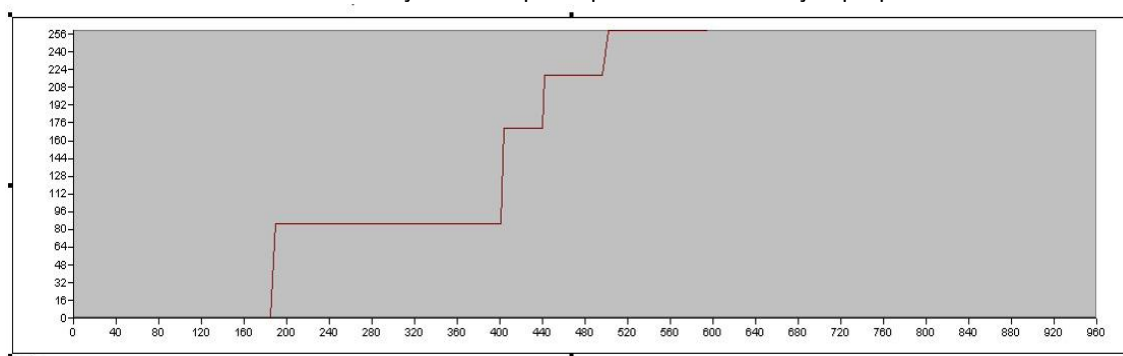
Fonte: Software ARENA

Dentro dessa percepção de disfuncionalidade, pensou-se em afetar diretamente uma das etapas do modelo anterior, que no caso, a etapa escolhida foi a de embarque. Ao adicionar um módulo adjacente ao embarque, assim como um anterior que represente a disponibilidade de mais uma opção, podemos entender que na Figura 3 agora há uma opção a mais para o usuário do transporte.

Essa segunda opção foi pensada para ser mais um ônibus operando na linha. A perspectiva desse aumento na frota disponível era de que ele fosse capaz de reduzir drasticamente os gargalos que levavam ao aumento considerável do tempo de execução.

Correu-se então a simulação seguindo o modelo da Figura 3, obtendo assim o Gráfico 3.

Gráfico 3 – Simulação do tempo de paradas com a solução proposta



Fonte: Software ARENA

No Gráfico 3 chama-se rapidamente a atenção para a velocidade na qual o processo foi otimizado. Enquanto anteriormente ele se prolongava de maneira constante, a presença de um módulo a mais, simbolizando a presença de um ônibus adicional, demonstra uma melhoria significativa na duração geral da simulação. Diante do tempo das filas, o tempo de execução é muito reduzido o que faz com que a simulação seja encerrada muito antes do modelo inicial.

Essa demonstração do aumento da eficácia e da redução drástica do tempo de execução pode ser entendida como uma demonstração de que com o acréscimo de partidas dentro desse horário, seria possível obter uma melhoria substancial no serviço prestado.

5. Conclusão

É notável a importância do transporte público dentro da vivência do cidadão e o impacto que ele possui na interação deste com a cidade. Entende-se que o transporte público é assunto essencial para se pensar a qualidade de vida das pessoas.

Por meio das simulações geradas e a análise dos gráficos, comparando um modelo inicial que representa o modo de funcionamento atual e um modelo com uma proposta de melhoria, determinamos que é possível sim aumentar a qualidade do transporte e tornar sua operação mais eficiente dentro da linha prevista.

Neste trabalho, optou-se por propor o acréscimo de partidas e conseqüentemente do número de veículos disponíveis dentro dos horários previstos para se solucionar o problema identificado. A solução se provou realmente impactante na simulação realizada.

Referências

Araújo, M. R. M. de., Oliveira, J. M. de., Jesus, M. S. de., Sá, N. R. de., Santos, P. A. C. dos., & Lima, T. C.. (2011). **Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida.**

Psicologia & Sociedade, 23(3), 574–582. <https://doi.org/10.1590/S0102-71822011000300015>

BANKS, Jerry. (1998). **Principles of simulation.** In: BANKS, J. (Ed.) (1998). *Handbook of Simulation.* New York: John Wiley & Sons, 1998.

Bertucci, Jonas de. **Os benefícios do transporte coletivo.** Repositório do Conhecimento do IPEA. 2011. 11 p. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5652/1/BRU_n5_beneficios.pdf>. Acesso em: 25 de outubro. 2023.

Cardoso, C. E. P. (2008). **Análise do transporte coletivo urbano sob a ótica dos riscos e carências sociais.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Serviço Social, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, SP.

Costa, L. C. **Teorias das Filas: Apostila. Disciplina Teoria das Filas e Simulação**, Curso de Ciência da Computação. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Maranhão, 2006.

Linha 407L teve reforço de frota, mas ainda continua lotada, reclamam passageiros. Diário do Transporte, 03 de abril de 2020. Disponível em: <<https://diariodotransporte.com.br/2020/04/03/linha-407l-10-teve-reforco-de-frota-mas-ainda-continua-lotada-reclamam-passageiros/>> Acesso em: 01 de outubro. 2023

Fernandes, Alexandra Cristina Moreira. **Simulação de linha de produção usando a Plataforma ARENA.** Bragança – 2012.

Mobilidade Urbana e Transporte Público em SP. Mobilize, setembro de 2016. Disponível em: <<https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/mobilidade-urbana-e-transporte-publico-em-sp.pdf>>. Acesso em: 01 de outubro. 2023.

Rodrigues, Pablo Einstein. **Uma breve introdução à teoria das filas.** – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2022.

Raia JR., Archimedes Azevedo (2000) – **Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informações.** Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SPTrans. **SPTrans, janeiro de 2023.** Disponível em: <<https://www.sptrans.com.br/sptrans/>>. Acesso em 30 de outubro. 2023.

PARAGON. **Introdução à Simulação com ARENA.** São Paulo, SP: ENEGEP, 2005.

Taschner, Suzana e Bogus, Lúcia M.(2001) – São Paulo: Caleidoscópio Urbano. São Paulo em Perspectiva, jan./mar. 2001, vol.15, no .1. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/spp/a/CL4PR4fqSJYhvGFShHzRCXx/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 30 de outubro. 2023.