# Simulação de Controle de Rota de Ônibus pelo Método Analítico para Otimização de Percurso

Iago Lucas de Oliveira Leão Teixeira (Uninorte) ilolt.llol@gmail.com
Vitor Gomes Afonso (Uninorte) vitor.gomes.afonso@gmail.com
Hércules André da Costa e Silva (Uninorte) herculesacs@gmail.com
Walter Charles Sousa Seiffert Simões (Uninorte) waltersimoes@gmail.com
Lúcia Helena de Oliveira Leão Teixeira (Ciesa) luciahleao@gmail.com

**Resumo:**
O transporte urbano na cidade de Manaus adota um modelo semelhante de outras grandes cidades onde apresenta sérios problemas em relação ao gargalo da rota e ao número excessivo de ônibus no trânsito. Este artigo discute esse problema e apresenta uma proposta de redução do número de veículos através de definição de rotas e trechos compartilhados. A metodologia adotada é analítica, que visa garantir que as análises realizadas reproduzam valores consistentes com o valor de referência, considerando as características dos requisitos estabelecidos. A ferramenta utilizada para simulação e avaliação analítica é o *software* Arena. Os resultados indicam que a nova maneira de executar o serviço de transporte público na linha estudada pode ser replicada nas outras linhas, reduzindo custos e tempo em cada viagem.
**Palavras chave**: Transporte, Simulação, Manaus.

# Simulation of Bus Route Control using Analytical Method for Route Optimization

**Abstract**
The urban transport in Manaus city adopts a similar model of other large city where it presents serious problems in relation to the bottleneck of the route and the excessive number of traffic. This paper discusses this problem and presents a proposal to reduce the number of vehicles through definition of routes and shared passages. The methodology adopted is analytical, which aims to ensure that the analyzes performed reproduce values consistent with the reference value, considering characteristics of the established requirements. The tool used for simulation and analytical evaluation is the Arena software. The results indicate that the new way of performing the public transport service in the studied line can be replicated in other line, reducing costs and time in each trip.
**Key-words:** Transportation, Simulation, Manaus.

## 1. Introdução

A mobilidade urbana é uma preocupação em escala global e de acordo com Willian Frawley, especialista em planejamento urbano do *Transportation Institute A&M*, uma cidade bem planejada e organizada quanto aos seus meios logísticos terá vantagens econômicas em relação a outras cidades, além de influenciar na qualidade de vida de sua população. Frawley afirma que, uma cidade cuja as vias são bem distribuídas se torna um atrativo para o investimento de novas empresas, pois isso significa redução nas quantidades de engarrafamento, ganhando

tempo durante o transporte de mercadorias e matérias primas e até mesmo menos tempo no transporte de passageiros, o que ajudaria na diminuição de atrasos, tanto de entrega de produtos quanto no atraso dos colaboradores (BAIMA, 2017).

No Brasil há um enorme desequilíbrio espacial. A maioria das cidades brasileiras cresceu de uma maneira não planejada, e com isso suas principais vias de transporte com o passar do tempo se encontram ineficientes. Tais problemas representam uma demora enorme no tempo de deslocamento de um ponto a outro na cidade, prejudicando muitas vezes o usuário de transporte público, que além de enfrentar os mesmos problemas que uma pessoa que utiliza um veículo particular, ainda tem que usufruir de um transporte público de baixa qualidade no serviço (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, 2017).

Segundo Rao V. e Rao P. (2011) os modelos de simulações atuais são baseados nas condições e operações estabelecidas inicialmente no projeto, tornando resultados de procedimentos a longo prazo não realisticos devido a constantes mudanças no processo ao longo do tempo.

Este artigo apresenta uma proposta de estruturação do transporte público coletivo que funcione de maneira integrada. Nele será realizado o desenvolvimento e os resultados de uma simulação, com o intuito de fornecer informações em busca de otimizar um percurso de uma linha de ônibus, tendo como ferramenta o *software* Arena que permite a modelagem de cada parte do problema assim como a análise dos resultados.

## 2. Trabalhos Relacionados

O trabalho realizado por Faggioni e Sorratini estuda o desempenho do transporte coletivo em um corredor urbano implantado na cidade de Uberlândia, no decorrer do trabalho os autores mostram a viabilidade que a implantação dessa medida trouxe para a cidade, porém, a ideia apresentada neste artigo se tornou uma proposta interessante a curto prazo, onde de acordo com os estudos aqui realizados tem potencial para mudar o atual cenário da linha estudada. A metodologia utilizada serviu exatamente para determinar o tempo de deslocamento realizado no cenário sugerido, onde o *software* utilizado se mostrou de fácil utilização podendo ser utilizado por pessoas não especializadas (FAGGIONI *et al*., 2008).

Mesmo com objetivos um pouco distintos e *softwares* diferentes, Faggioni e Sorratini (2008) asseguram que o uso de ferramentas computacionais podem influenciar de forma positiva no resultado da melhoria do transporte. Ao comparar este artigo com outro artigo pesquisado, pode-se perceber que há diversas maneiras para se melhorar a mobilidade dentro de uma cidade assim como vários métodos para se analisar a viabilidade das ideias.

Seguindo a ideia de outros projetos científicos, há a necessidade de se implantar metodologias que possam ajudar no controle e na melhoria do trânsito na cidade, uma vez que todas as variáveis terão que ser levadas em consideração. Oliveira e seus co-autores utilizaram o *software* Arena para fazer a análise dos dados, a fim de simular as condições para o tráfego no local e possivelmente determinar o melhor cenário para as vias da praça, uma vez que o próprio sistema fornece diversos cenários para a tomada de decisão, para assim melhorar o trânsito do seu entorno (OLIVEIRA *et al*., 2010).

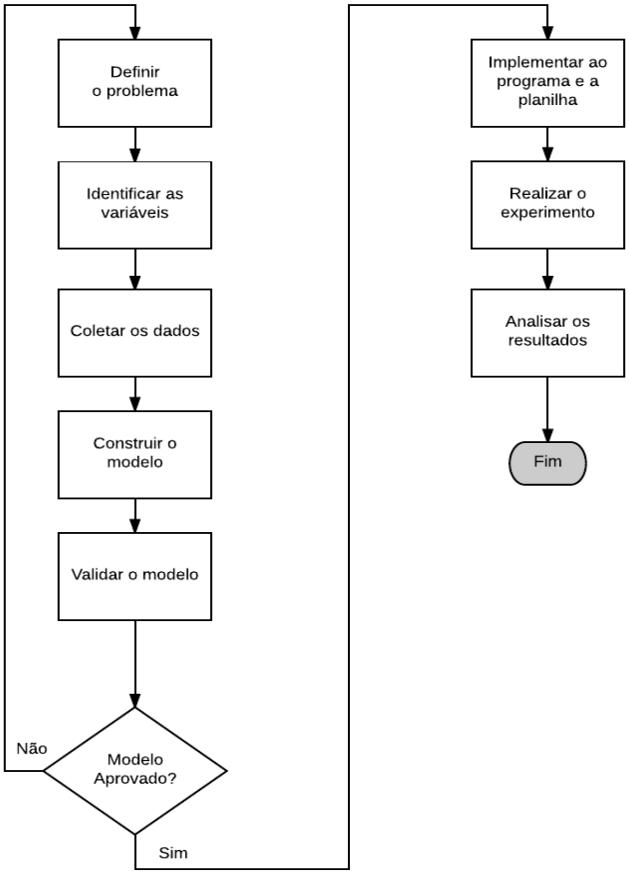
Utilizando como referência outros artigos que envolvem a otimização do transporte público ou simplesmente o uso da simulação para melhorar a gestão, pode-se atestar que o uso de programas voltados para modelagem de dados e simulações de cenário influenciam de forma positiva no desenvolvimento de planos para a mobilidade urbana. É válido utilizar *softwares* de simulação e microssimulação para auxiliar a tomada de decisões no que se diz respeito à

mobilidade urbana, uma vez que seus valores chegam a ser próximo dos valores reais.

Diferentemente de outros trabalhos pesquisados, a ideia aqui sugerida evita ao máximo a alteração das vias públicas, se preocupando somente em otimizar o percurso feito pelos veículos sem que haja a necessidade de alguma mudança nas vias.

## 3. Metodologia

Para a elaboração do artigo, foi criado um protocolo de trabalho mostrado na Figura 1. Nesse fluxograma seguiu-se uma ordem, sendo a primeira a definição do problema atual, isto é, achando o percurso da linha de ônibus 640, posteriormente identificando quais variáveis seriam criteriais para a obtenção dos resultados da simulação, como o tempo de chegada e saída em cada parada de ônibus e o custo do percurso. Após isso foi feito a coleta de dados com base nas variáveis adquiridas, sendo feito durante o horário de pico das 6 horas até as 8 horas da manhã, para obter resultados em um ambiente de alta circulação.




Fonte: Autores

Figura 1 - Protocolo de trabalho

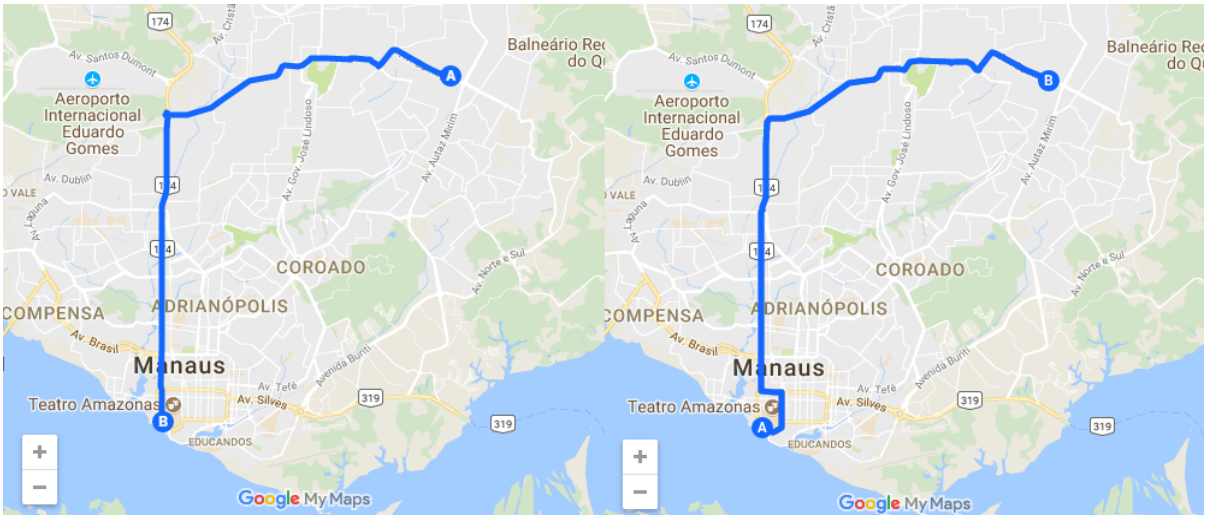
A otimização na linha de ônibus foi realizada por meio de simulação computacional utilizando o *software* Arena, visto sua possibilidade de obter ferramentas para simular frota, fornecer os dados requisitados, ser de baixo custo e aplicação e ter potencial para ser uma ferramenta de

gestão para os órgãos responsáveis pelo transporte público. A simulação foi inspirada no trabalho de Baskaran e Krishnaiah (2012), onde os mesmos desenvolveram um modelo que determina o melhor trajeto para uma única rota de ônibus.

## 4. Desenvolvimento

A ideia proposta por esse artigo é de obter ganho de tempo dentro de um determinado trajeto feito por uma linha de ônibus na cidade de Manaus localizada no estado do Amazonas e a diminuição de custo. O trajeto avaliado será o da linha 640 que se inicia no Terminal 4, localizado no bairro Cidade Nova, e termina no Terminal da Matriz, localizado na Praça da Matriz no centro da cidade, em sentido circular.

No cenário atual o percurso feito pelo ônibus, em horário de pico, enfrentaria diversos gargalos devido ao alto fluxo de carros entre a avenida Constantino Nery e o centro da Cidade, acarretando em perda de tempo no deslocamento dos passageiros de um ponto a outro na cidade. A Figura 2 se refere ao percurso atual, sendo a imagem da esquerda o sentido de ida (Terminal 4 – Terminal da Matriz) e o do lado direito o sentido de volta (Terminal da Matriz – Terminal 4).



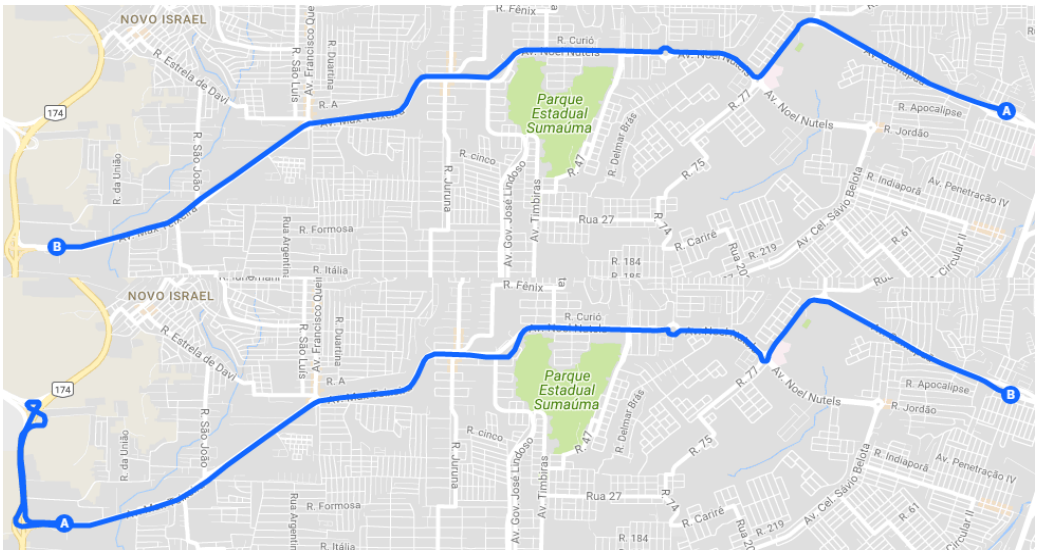

Fonte: Extraído do site *Google Maps*

Figura 2: Percurso atual da linha de Ônibus estudada

O cenário sugerido para otimizar o trajeto acarreta no serviço de integração entre os ônibus e sugere a possibilidade de integração temporal da passagem, conforme descrito por meio eletrônico na página da Superintendência Municipal de Transportes Urbanos (SMTU), a integração temporal é uma opção adicional ao sistema integrado existente, por meio da qual o usuário pode trocar de ônibus, sem custo adicional, fora de um terminal de integração, desde que se passe na catraca do ônibus seguinte dentro de um determinado período de tempo. Em relação ao trajeto, ele terá desmembramento em três partes, fazendo com que outras partes do trajeto sejam feitas por mais dois ônibus, sendo o da linha 640 fazendo o percurso que envolve o bairro Cidade Nova, outro no sentido Torquato Tapajós até o Terminal 1, enquanto o último percorre dentro do centro da cidade, todos em um formato de rota circular.

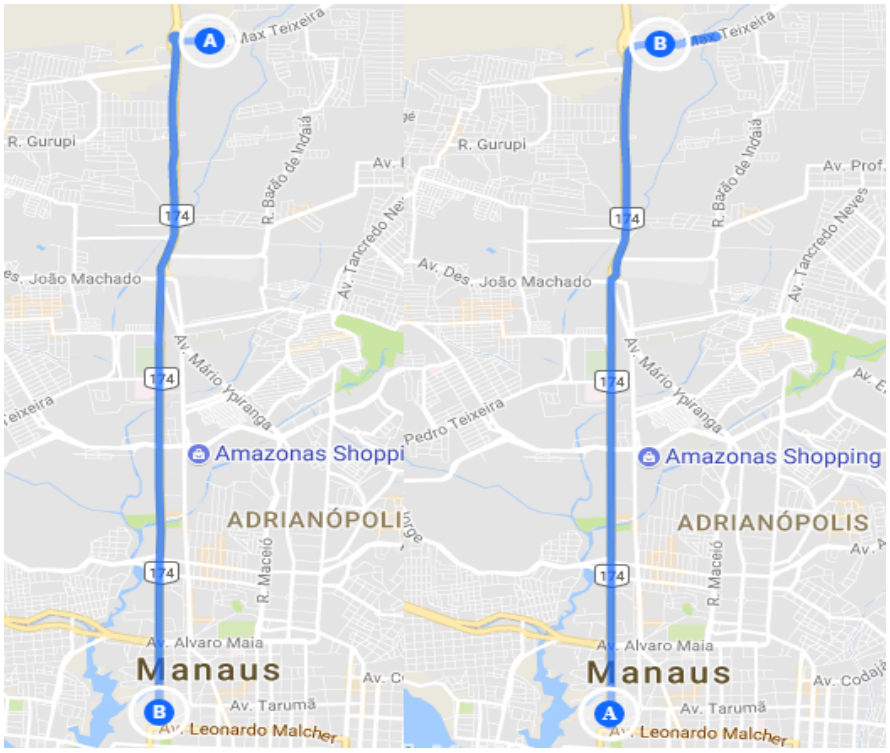
A imagem mostrada na Figura 3 reflete exatamente o percurso sugerido pelo ônibus da linha 640, trajeto de ida e volta, enquanto a Figura 4 mostra as imagens do percurso percorrido por um dos ônibus implantados pela ideia sugerida, onde o mesmo irá continuar o trajeto no sentido

bairro - centro, completando o caminho que a linha 640 deixou de fazer. Assim percorrendo no sentido Torquato Tapajós até o Terminal 1.




Fonte: Extraído do site *Google Maps*

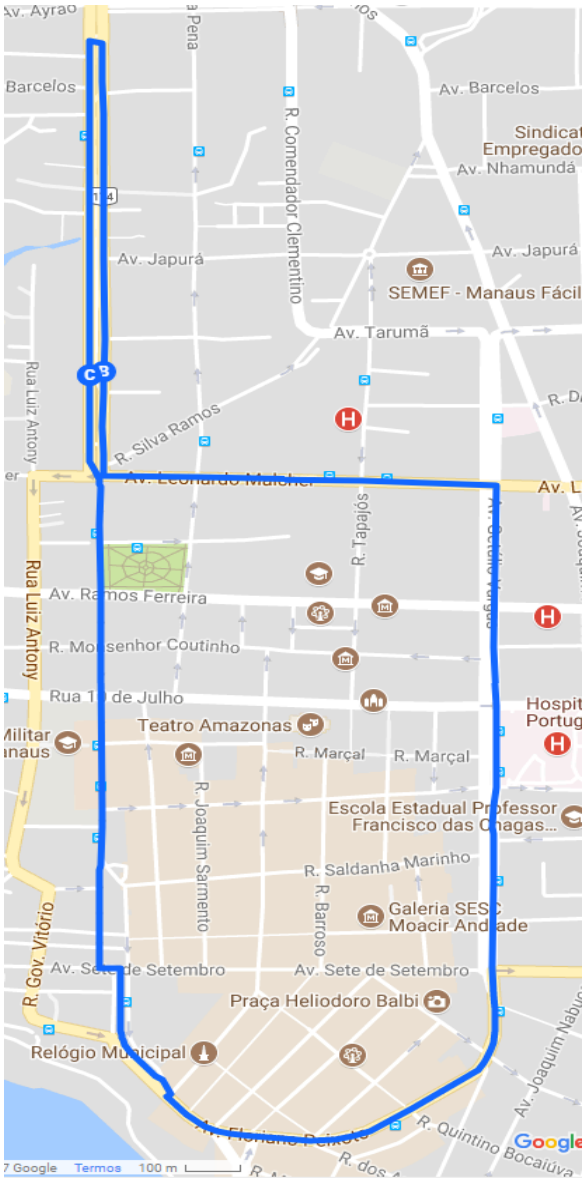
Figura 3 - Percurso sugerido para linha 640




Fonte: Extraído do site *Google Maps*

Figura 4 - Ônibus trafegando pela rota sugerida

A Figura 5 mostra um cenário sugerido para movimentar-se dentro do centro da cidade de Manaus, onde iria percorrer em sentido circular.

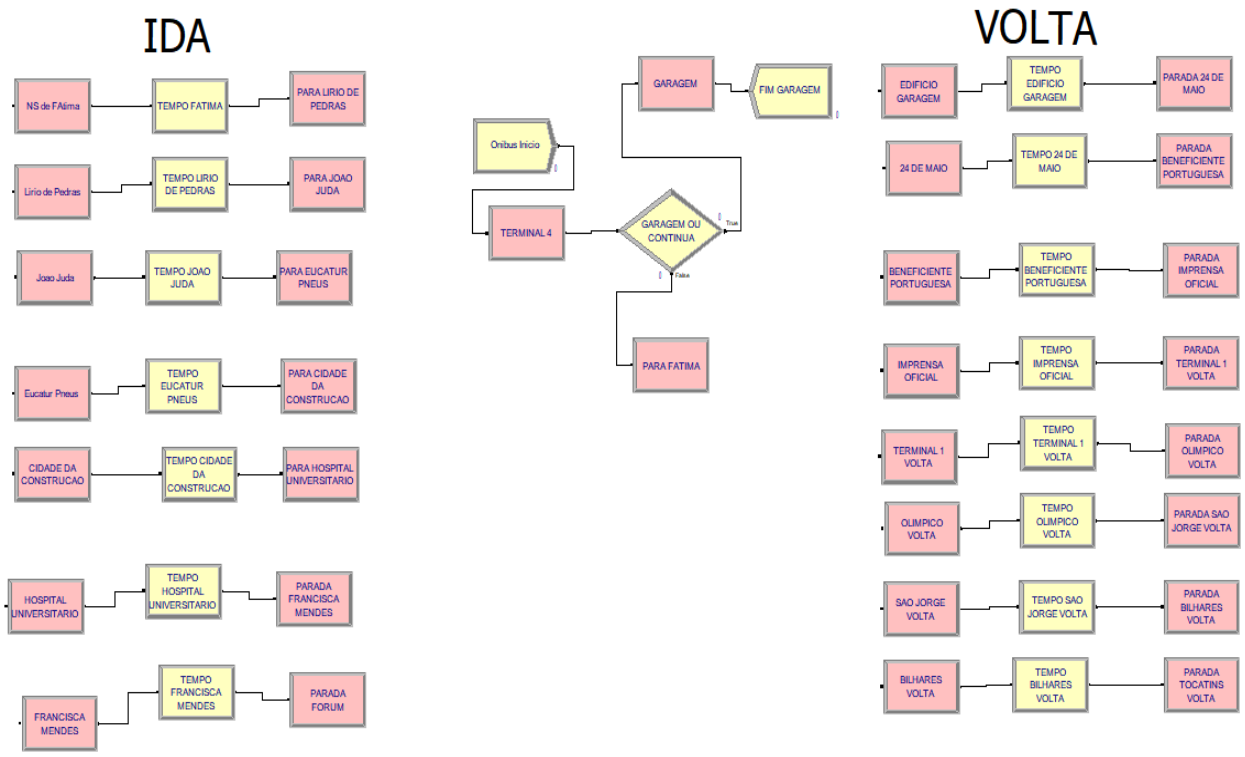



Fonte: Extraído do site *Google Maps*

Figura 5 - Rota circular no centro de Manaus

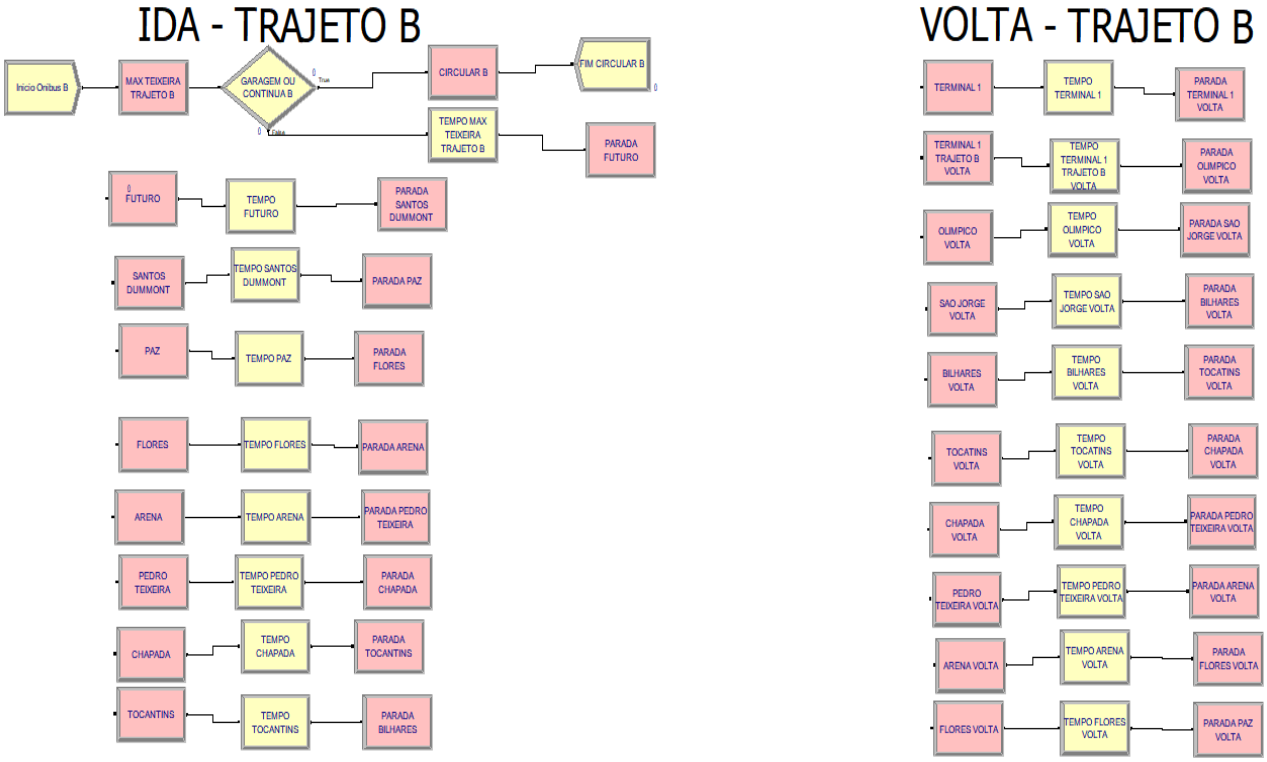
## 5. Avaliação

Após a definição do modelo sugerido, foi iniciado a coleta de dados do trajeto antigo da linha 640, sendo estes o tempo de parada, tempo de percurso e tempo de embarque e desembarque. Posteriormente foi montado uma planilha contendo essas informações relacionadas com cada parada feita pelo ônibus e seguida essas informações foram aplicadas ao *software* Arena, sofrendo filtração de dados para submissão ao *Input Analyzer*, para que fosse obtida uma média e um desvio-padrão que compactuassem com a realidade. Tais dados obtidos foram utilizados para montar dois modelos trabalhados dentro do *software*, um sendo o cenário atual e outra o sugerido, como mostram as Figuras 6 e 7. Os cenários mostrados foram feitos a partir da modelagem do trajeto, prevendo a circulação do ônibus, sendo um para o modelo atual e outro para o sugerido. Sua estrutura foi dividida fazendo o percurso do ônibus prevendo o tempo de espera entre as paradas e a distância entre elas a partir de *stations* e *routes*, fornecendo um atributo ao ônibus para encerrar seu trajeto após fazer todo o seu percurso de retorno.




Fonte: Extraído do *software* Arena

Figura 6 - Simulação do Modelo Atual




Fonte: Extraído do *software* Arena

Figura 7 - Simulação do Modelo Sugerido

Para o cenário sugerido, foram elaboradas três entidades independentes com seus respectivos trajetos e retornos, sem a necessidade do antecessor chegar ao seu fim para iniciar seu percurso. Assim, foi feito uma análise com base nos resultados obtidos, conforme mostra a Tabela 1.

| **Trajeto** | **Atual** | **Sugerido** | | |
|---|---|---|---|---|
| | Cenário Atual | Terminal 4 – Max Teixeira | Torquato – Terminal 1 | Sentido Circular Centro |
| **Tempo** | 01:47:27 | 00:59:23 | 00:45:05 | 00:20:00 |
| **Tempo Total** | 01:47:27 | 02:04:28 | | |

Fonte: Autores

Tabela 1 – Tempo de trajeto nas simulações

Comparando o trajeto atual e o cenário sugerido, observar-se que há uma diferença visual de tempo em todo seu percurso, tornando maior a rotatividade e circulação, podendo assim dar um maior atendimento aos usuários do transporte coletivo e diminuindo os potenciais gargalos e consequentemente atrasos.

## 6. Conclusão

Considera-se que o objetivo do estudo foi alcançado uma vez que ficaram demonstrados ambos os cenários e seus resultados preliminares dentro do *software* Arena. A metodologia utilizada foi eficiente para o andamento e realização do trabalho. O estudo permitiu mostrar que por mais que haja um aumento de tempo em 15,9% do trajeto inteiro em relação ao sugerido sob ótica geral, observou-se maior circulação por menor tempo em cada percurso, possibilitando ao passageiro ser atendido pelos ônibus, podendo reduzir tempo de espera do mesmo, não sofrendo gargalos de todo o trajeto.

Com um controle de processos e percursos sobre auxílio de simulações, pode-se observar que há como melhorar e a analisar serviços atualmente oferecidos e atendidos pelo transporte público brasileiro. O que também foi percebido foi que, quando comparado uma única linha de ônibus a um sistema desmembrado da rota, o modelo com trajeto único é mais interessante, porém, quando se compara com rotas desmembradas de mais um ônibus desta linha, os ganhos são acentuados em relação ao tempo, causado pela redução da frota pelo uso de trechos comuns (Torquato – Terminal 1 e Sentido Circular Centro).

É importante salientar que o estudo não é conclusivo, ficando aberto para demais estudos. Espera-se que este trabalho incentive outras pesquisas sobre o tema, em prol da melhoria da qualidade do transporte público em um contexto urbano e geral.

## Referências

**BAIMA, Cesar.** *Mobilidade tem forte efeito na economia e qualidade de vida, afirma especialista*, entrevista com William Frawley, 11 de setembro de 2013. O Globo - Revista Amanhã. Disponível em <https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/revista-amanha/mobilidade-tem-forte-efeito-na-economia-na-qualidade-de-vida-afirma-especialista-9912420>, acesso em 15.09.2017, às 20:00

**BASKARAN, R; KRISHNAIAH, K.** *Simulation model to determine frequency of a single bus route with single and multiple headways. Journal: Int. J. of Business Performance and Supply Chain Modelling*, 2012 Vol.4, No.1, pp.40 - 59. Department of Industrial Engineering, Anna University Chennai, Chennai – 600 025, India. 2012

**CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS**. *Pesquisa Mobilidade da População Urbana 2017* (Relatório de Pesquisa/2017), Brasília, DF, Confederação Nacional do Transporte, Associação Nacional das Empresas de

Transportes Urbanos. 2017

**FAGGIONI, Andreza Cauhy; SORRATINI, José Aparecido.** *Estudo da Confiabilidade do Transporte Público Coletivo Urbano de Uberlândia, MG por meio da Microssimulação*. Brasil. 2008

**MANAUS, SUPERINTENDÊNCIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES URBANOS (SMTU).** Prefeitura Municipal. Disponível em <http://smtu.manaus.am.gov.br/o-que-e-integracao-temporal/>, acesso em 12.09.2017, às 21:00 horas.

**OLIVEIRA, Túlio Lupiano; GUIMARÃES, Irce Fernades G.; RODRIGUES, Lásara Fabrícia; MARTINS, Felipe Rocha.** *Simulação Computacional Aplicada ao Tráfego: uma Análise do Fluxo de Veículos na Praça Tiradentes em Ouro Preto – MG*. Brasil. 2010

**RAO, Venkateswara.; RAO, Prasanna.** *Increasing Accuracy of Simulation Modeling via a Dynamic Modeling Approach. Master's Thesis, University of Tennessee.* http://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/906 2011