

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS – UNIMONTES
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas
Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional e Sistemas

MICHELLY MARTINS FERREIRA

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE CORREDORES DE ÔNIBUS NA
CIDADE DE MONTES CLAROS - MG**

Montes Claros - MG

Dezembro de 2017

MICHELLY MARTINS FERREIRA

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE CORREDORES DE ÔNIBUS NA
CIDADE DE MONTES CLAROS - MG**

Dissertação apresentada no Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional e Sistemas, da Universidade Estadual de Montes Claros como exigência para obtenção do grau de Mestre em Modelagem Computacional e Sistemas.

Orientador: Prof.º Dr. Narciso Ferreira dos Santos Neto

Coorientador: Prof.º Dr. Nilson Luiz Castelúcio Brito

**Montes Claros - MG
Dezembro de 2017**

MICHELLY MARTINS FERREIRA

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE CORREDORES DE ÔNIBUS NA
CIDADE DE MONTES CLAROS - MG**

**Dissertação apresentada no Programa de
Pós Graduação em Modelagem
Computacional e Sistemas, da Universidade
Estadual de Montes Claros como exigência
para obtenção do grau de Mestre em
Modelagem Computacional e Sistemas.**

Montes Claros, 12 de Dezembro de 2017.

Orientador:

Prof.^o Dr. Narciso Ferreira dos Santos Neto
Universidade Estadual de Montes Claros

Coorientador:

Prof.^o Dr. Nilson Luiz Castelúcio Brito
Universidade Estadual de Montes Claros

Membros:

Prof.^o Dr. João Batista Mendes
Universidade Estadual de Montes Claros

Prof.^o Dr. Marcos Flávio Silveira Vasconcelos D'Angelo
Universidade Estadual de Montes Claros

Montes Claros - MG
Dezembro de 2017

F383a

Ferreira, Michelly Martins.

Análise da implantação de corredores de ônibus na cidade de Montes Claros-MG [manuscrito] / Michelly Martins Ferreira. – 2017.

93 f. : il.

Bibliografia: f. 81-84.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Sistemas/PPGMCS, 2017.

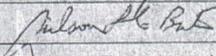
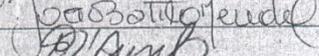
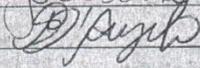
Orientador: Prof. Dr. Narciso Ferreira dos Santos Neto.

Coorientador: Prof. Dr. Nilson Luiz Castelúcio Brito.

1. Mobilidade urbana. 2. Transporte urbano coletivo – Montes Claros (MG). 3. Corredores de ônibus. 4. Simulação computacional. I. Santos Neto, Narciso Ferreira dos. II. Brito, Nilson Luiz Castelúcio. III. Universidade Estadual de Montes Claros. IV. Título.

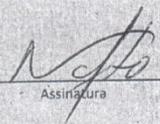
1 - Identificação do Aluno	
Nome: Michelly Martins Ferreira	Matrícula: 0205670
Linha de Pesquisa: Computação Científica e Modelagem de Sistemas	

2 - Sessão de Qualificação
Título: "ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE CORREDORES DE ÔNIBUS NA CIDADE DE MONTES CLAROS - MG."

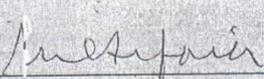
3 - Comissão Examinadora		
Nome	Função	Assinatura
Prof. Dr. Narciso Ferreira dos Santos Neto	Orientador (a)	
Prof. Dr. Nilson Luiz Castelucio Brito	Coorientador (a)	
Prof. Dr. João Batista Mendes	Examinador(a)	
Prof. Dr. Marcos Flávio S. V. D'angelo	Examinador(a)	

4 - Resultado	
A comissão Examinadora, em 12/12/2017 após Defesa de Dissertação e arguição do(a) candidato(a), decidiu:	
<input type="checkbox"/> pela aprovação da Dissertação <input type="checkbox"/> pela reprovação da Dissertação <input checked="" type="checkbox"/> pela revisão de forma, indicando o prazo de 30 dias para apresentação definitiva. <input type="checkbox"/> pela reformulação da Dissertação, indicando o prazo de _____ dias para nova versão.	
Preencher somente em caso de revisão de forma: <input checked="" type="checkbox"/> O(a) aluno(a) apresentou a revisão de forma e a Dissertação foi aprovada. <input type="checkbox"/> O(a) aluno(a) apresentou a revisão de forma e a Dissertação foi reprovada. <input type="checkbox"/> O(a) aluno(a) não apresentou a revisão da forma.	Preencher somente em caso de revisão de reformulação: <input type="checkbox"/> O(a) aluno(a) apresentou a reformulação e a Dissertação foi aprovada. <input type="checkbox"/> O(a) aluno(a) apresentou a reformulação e a Dissertação foi reprovada. <input type="checkbox"/> O(a) aluno(a) não apresentou a reformulação.

Autenticação
 Orientador(a) Comissão Examinadora

 12/12/2017 
 Data Assinatura

Autenticação
 Coordenador

 12/12/2017 
 Data Assinatura

*Aos meus pais:
Sidiney José Ferreira
Francisca Martins Peixoto*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e todas as bênçãos.

Aos meus pais, Sidiney e Francisca, por serem minha base, por toda dedicação que tiveram comigo, pelo consolo, conselhos, paciência e amor que a mim foi dado durante toda esta jornada. Nem todas as palavras do mundo seriam capazes de expressar o quanto sou grata a vocês.

A toda minha família, por estar sempre de ouvidos abertos e por todo o apoio oferecido.

Ao meu namorado Henrique, por todo o incentivo, hospedagens em sua casa e caronas para que fosse possível realizar este curso. Agradecimento extensivo a toda a sua família.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Narciso Ferreira Santos Neto, por todo o conhecimento compartilhado, ideias, dedicação e compreensão nos momentos difíceis.

Aos meus colegas de mestrado, por todos os ensinamentos, ajuda e suporte para que todos chegassem à reta final.

Aos meus chefes Gevaldo e Alcino, por me liberarem do local de trabalho nos dias necessários para que fosse possível cursar o mestrado.

À UNIMONTES e ao PPGMCS, pela oportunidade de aperfeiçoamento profissional e capacitação.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse chegar ao fim dessa jornada.

RESUMO

O crescimento desordenado, a falta de investimento em integração e infraestrutura, além da própria extensão territorial dos grandes centros fazem com que alguns cidadãos se distanciem de serviços básicos essenciais como escolas, hospitais e postos de trabalho. Assim, para que todos os indivíduos possam transitar de forma democrática, é necessário haver uma boa estrutura de transporte para todos os pontos da cidade indistintamente. O transporte coletivo ao longo dos anos passou a se configurar como importante modo de assegurar a mobilidade urbana, principalmente o transporte efetuado por meio de ônibus. Por conta de sua extensão territorial e por abranger serviços e atividades essenciais à região, Montes Claros possui um fluxo considerável de pessoas em trânsito. Ocorre que o tráfego congestionado e a falta de infraestrutura adequada têm tornado ineficiente o serviço de transporte público na cidade, de modo a não acompanhar o desenvolvimento local. Pensando nisso, o presente trabalho avalia a utilização de um simulador na viabilidade de transformação de uma via de tráfego misto em corredor exclusivo para transporte público na cidade de Montes Claros/MG, fazendo uso da simulação computacional com o *software* ARENA para avaliar os dados coletados e analisar a viabilidade da implantação de corredores exclusivos de ônibus na cidade. O presente estudo realizou uma revisão bibliográfica abordando conceitos teóricos sobre o tema, em seguida, realizou 4 coleta de dados e, por fim, as simulações e os resultados obtidos. Os resultados evidenciam que a implantação de corredores exclusivos de ônibus nos trechos em estudo pode ser viável. Os resultados das simulações mostraram ganhos reais de tempo dos ônibus ao percorrerem os corredores exclusivos em detrimento dos corredores mistos, como redução do tempo de até 60% em relação ao tempo de espera do ônibus ao longo do corredor Doutor Santos no pico de meio dia e redução de 39% do tempo total para percorrer o corredor Camilo Prates no pico da tarde. Conclui-se assim que a implantação destes corredores poderia proporcionar um aumento na qualidade de vida da população montesclareense.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana. Transporte Urbano Coletivo. Corredores de Ônibus. Simulação Computacional.

ABSTRACT

Disorganized growth, a lack of investment in infrastructure and integration, as well as the territorial extension of large centers, mean that some citizens are distancing themselves from essential basic services such as schools, hospitals and jobs. Thus, for all individuals to be able to transit in a democratic way, it is necessary to have a good transport structure for all points of the city without distinction. Collective transportation over the years has become an important way of ensuring urban mobility, especially transportation carried out by bus. Because of its territorial extension and because it covers services and activities essential to the region, Montes Claros has a considerable flow of people in transit. It occurs that the congested traffic and the lack of adequate infrastructure have rendered inefficient the public transport service in the city, so as not to follow the local development. Considering this, the present work evaluates the use of a simulator in the feasibility of transforming a mixed traffic route into an exclusive public transport corridor in the city of Montes Claros / MG, making use of the computer simulation with the ARENA software to evaluate the collected data and analyze the feasibility of implementing exclusive bus corridors in the city. The present study carried out a bibliographical review approaching theoretical concepts on the subject, then carried out 4 data collection and, finally, the simulations and the results obtained. The results show that the implementation of exclusive bus corridors in the sections under study may be viable. The results of the simulations showed real gains in bus time when traveling through the exclusive corridors at the expense of the mixed corridors, such as a reduction of up to 60% in relation to the waiting time of the bus along the Santos Santos corridor at the peak of noon and reduction of 39% of the total time to walk the Camilo Prates corridor in the afternoon. It is concluded that the implementation of these corridors could provide an increase in the quality of life of the population of Montes Claros.

Keywords: Urban Mobility, Collective Urban Transport, Bus Corridors, Computational Simulation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNT	Confederação Nacional do Transporte
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NTU	Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
SEDU/PR	Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, no estado do Paraná
UCP	Unidades de carro de passeio

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- BRT em Belo Horizonte/MG.....	23
Figura 02 - Faixa exclusiva sem segregação física com pintura viária no sentido do fluxo do tráfego.....	25
Figura 03 - Baia de ônibus/local de embarque e desembarque Praça Dr Carlos Versiani	34
Figura 04 - Mapa perímetro de bairros da cidade de Montes Claros/MG.....	36
Figura 05 - Baia de ônibus/local de embarque e desembarque/Praça Coronel Ribeiro	37
Figura 06 - Baia de ônibus/local de embarque e desembarque/Praça Doutor Carlos Versiani	37
Figura 07 - Tela Inicial do Arena versão 14.0.....	41
Figura 08 - Pontos de observação dos pesquisadores para registro de veículos.....	46
Figura 09 - Pontos de embarque e desembarque nos corredores.....	49
Figura 10 - Fluxograma corredor Camilo Prates tipo misto.....	53
Figura 11 - Fluxograma corredor Camilo Prates tipo exclusivo	54
Figura 12 - Fluxograma corredor Doutor Santos tipo misto	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - População residente no Brasil, por situação de domicílio (1940/2010).....	21
Gráfico 02 - Acesso às medidas de priorização do transporte público (2017).....	27
Gráfico 03 - Fluxo de saturação e capacidade.....	29
Gráfico 04 - Impacto do número de portas em tempos de embarque e desembarque.....	33
Gráfico 05 - Chegada de veículos corredor Camilo Prates	44
Gráfico 06 - Chegada de veículos corredor Doutor Santos	45
Gráfico 07 – Tempo total para percorrer o corredor Camilo Prates – pico manhã.....	60
Gráfico 08 – Tempo total para percorrer o corredor Camilo Prates – pico meio dia..	63
Gráfico 09 – Tempo total para percorrer o corredor Camilo Prates – pico tarde	66
Gráfico 10 – Tempo total para percorrer o corredor Doutor Santos – pico manhã.....	70
Gráfico 11 – Tempo total para percorrer o corredor Doutor Santos – pico meio dia	73
Gráfico 12 – Tempo total para percorrer o corredor Doutor Santos – pico tarde.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Equivalência em carros de passeio.....	47
Tabela 02 – Coleta de Dados embarque/desembarque.....	50
Tabela 03 – Cenários de simulação para corredor Camilo Prates.....	52
Tabela 04 - Cenários de simulação para corredor Doutor Santos	55
Tabela 05 – Tempo de atendimento veículos (segundos) ao longo do corredor.....	59
Tabela 06 – Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor.....	59
Tabela 07 – Tempo de espera no ponto de embarque e desembarque	60
Tabela 08 – Número de veículos nos pontos de embarque e desembarque	61
Tabela 09 – Taxa de utilização dos pontos de embarque e desembarque	62
Tabela 10 – Tempo de atendimento veículos (segundos) ao longo do corredor	62
Tabela 11 – Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor	63
Tabela 12 – Tempo de espera no ponto de embarque e desembarque	64
Tabela 13 – Número de veículos nos pontos de embarque e desembarque	64
Tabela 14 – Taxa de utilização dos pontos de embarque e desembarque	65
Tabela 15 – Tempo de atendimento veículos (segundos) ao longo do corredor	65
Tabela 16 – Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor	66
Tabela 17 – Tempo de espera no ponto de embarque e desembarque	67
Tabela 18 – Número de veículos nos pontos de embarque e desembarque	67
Tabela 19 – Taxa de utilização dos pontos de embarque e desembarque	68
Tabela 20 – Tempo de atendimento veículos (segundos) ao longo do corredor.....	69
Tabela 21 – Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor.....	69
Tabela 22 – Tempo de espera no ponto de embarque e desembarque.....	70
Tabela 23 – Número de veículos nos pontos de embarque e desembarque.....	71
Tabela 24 – Taxa de utilização dos pontos de embarque e desembarque.....	71
Tabela 25 – Tempo de atendimento veículos (segundos) ao longo do corredor.....	72
Tabela 26 – Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor.....	72
Tabela 27 – Tempo de espera no ponto de embarque e desembarque.....	73
Tabela 28 – Número de veículos nos pontos de embarque e desembarque.....	74
Tabela 29 – Taxa de utilização dos pontos de embarque e desembarque.....	74
Tabela 30 – Tempo de atendimento veículos (segundos) ao longo do corredor.....	75
Tabela 31 – Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor.....	75

Tabela 32 – Tempo de espera no ponto de embarque e desembarque.....	76
Tabela 33 – Número de veículos nos pontos de embarque e desembarque.....	77
Tabela 34 – Taxa de utilização dos pontos de embarque e desembarque.....	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Transporte Urbano e Mobilidade Urbana	18
2.2 Infraestruturas de transporte coletivo	23
2.2.1 <i>Bus Rapid Transit</i> - BRT	23
2.2.2 Faixas exclusivas para ônibus	24
2.2.3 Corredores de ônibus	25
2.3 Parâmetros operacionais	27
2.3.1 Semáforo.....	28
2.3.2 Fluxo de saturação e capacidade	28
2.3.3 Embarque e desembarque.....	32
2.4 Transporte público em Montes Claros/MG	35
2.5 Simulação computacional.....	38
2.6 <i>Software</i> Arena.....	40
3 METODOLOGIA PROPOSTA	42
3.1 Caracterização da pesquisa.....	42
3.2 Coleta de dados.....	43
3.2.2 Fluxo de saturação e capacidade	48
3.2.3 Tempo de embarque e desembarque.....	49
3.3 Caracterização e simulação dos corredores	51
3.3.1 Corredor Camilo Prates	52
3.3.2 Corredor Doutor Santos.....	55
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	57
4.1 Corredor Camilo Prates	58
4.1.1 Corredor Camilo Prates - pico da manhã.....	58
4.1.2 Corredor Camilo Prates - pico do meio dia	62
4.1.3 Corredor Camilo Prates pico da tarde.....	65
4.2 Corredor Doutor Santos	68
4.2.1 Corredor Doutor Santos - pico da manhã	68
4.2.2 Corredor Doutor Santos - pico do meio dia.....	72

4.2.3 Corredor Doutor Santos - pico da tarde.....	75
5 CONCLUSÃO.....	79
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
7 APÊNDICES	85
8 ANEXOS	90

1 INTRODUÇÃO

A facilidade do trânsito de produtos, mercadorias e pessoas está associada ao desenvolvimento econômico e social, explicam Ferraz e Torres (2004). O processo de urbanização, somado ao crescimento acelerado da população e das cidades, faz surgir a necessidade de deslocamento da população, principalmente da população residente em zonas periféricas dos grandes centros urbanos.

Geralmente, as periferias não recebem investimento suficiente em infraestrutura básica necessária para a população residente ter acesso a serviços e bens essenciais, como escolas, hospitais e postos de trabalho. Neto (2001) menciona que essa situação faz surgir a necessidade de grandes deslocamentos da população para permitir que tenham acesso a esses serviços indispensáveis.

Ferraz e Torres (2004) dizem que o trânsito nos grandes centros aos poucos articula viagens mais demoradas com grandes congestionamentos, com aumento de poluição, desperdício de energia, mortes, acidentes, dificuldades de locomoção e aumento da frota de veículos particulares. Em resumo, a mobilidade urbana se mostra cada vez mais abstrata e a população sofre as consequências desse crescimento sem investimento em infraestrutura.

A Confederação Nacional do Transporte e a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (2017) reconhecem e dão aval à existência de um sistema nacional de mobilidade urbana, instituído pela lei nº 12.587/2012, que garante e organiza um conjunto de modos de transporte, serviços e infraestrutura para garantir o deslocamento de pessoas e cargas em todos os municípios. Porém, compreendem que ao se falar de mobilidade urbana devem ser adotados padrões de qualidade, segurança, eficiência e facilidade de acesso aos mais diversos locais, tudo isso com o mínimo de dano e poluição ambiental.

Ainda segundo Ferraz e Torres (2004, p. 2), considerando que a maioria da população reside em áreas urbanas, a mobilidade é um elemento essencial e estratégico para que o desenvolvimento urbano seja bem sucedido, fazer com que a mobilidade urbana seja acessível e adequada a todas as classes sociais é uma etapa fundamental no processo de desenvolvimento social e econômico das cidades.

Pensando nisso, vias e logradouros públicos, terminais, estações e outras conexões, pontos para embarque e desembarque de passageiros, sinalização viária, equipamentos e

instalações se apresentam como infraestruturas que, quando utilizadas e pensadas a favor do transporte coletivo, podem auxiliar o poder público e a população a efetivarem e alcançarem a mobilidade urbana.

A cidade de Montes Claros está situada ao norte do estado de Minas Gerais e conta com uma população estimada de 402.027 habitantes, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017). De acordo com a Prefeitura de Montes Claros/MG (2013) a cidade possui uma economia diversificada, destacando-a: como 1) polo comercial por receber e atender muitas redes atacadistas do país; 2) polo universitário, atraindo estudantes de todo o país; 3) polo no setor de prestação de serviços, reunindo empresas de diferentes portes para atuar nesse segmento e 4) polo da construção civil, atividade responsável por movimentar intensamente o mercado e outras atividades como indústria, cultura e lazer.

O pleno funcionamento de todas essas atividades no dia-a-dia exige o deslocamento de pessoas e mercadorias a todo instante. Logo, os princípios da mobilidade urbana precisam ser aplicados e a infraestrutura desenvolvida para que o fluxo de mercadorias e pessoas funcione corretamente.

Para realização deste trabalho foi utilizada a simulação computacional como método de estudo dos dados obtidos por pesquisa e prospecção dos mesmos numa realidade hipotética. Com isso é possível utilizar os resultados das simulações para tomada de decisão sobre a viabilidade ou não de se implantar corredores de ônibus na cidade.

O Arena foi o *software* utilizado para manipular os dados já que é capaz de visualizar o sistema a ser modelado a partir de um conjunto de estações de trabalho que contêm vários recursos disponíveis ao uso de entidades que se movem através do sistema buscando analisar os possíveis resultados daquilo que se quer estabelecer, criar ou construir.

1.1 Justificativa

A Confederação Nacional do Transporte (2017) recentemente analisou o nível de acesso às medidas de priorização do transporte público pelas famílias em geral. A análise da pesquisa apurou que 53,3% do público alvo entrevistado, não possui acesso a qualquer medida de prioridade do transporte público realizado por ônibus, dentre as quais os corredores de ônibus.

A cidade de Montes Claros/MG se destaca como centro urbano e possui um importante entroncamento rodoviário e existe um intenso trânsito de pessoas no dia a dia. O transporte público na cidade possui grande importância por conta da extensão territorial da mesma e pelo fluxo intenso de pessoas, mercadorias e serviços, que só aumenta com o passar dos anos (Prefeitura Municipal de Montes Claros, 2013).

O crescimento da cidade, porém, fez surgir problemas com a infraestrutura local que não acompanha esse desenvolvimento e expansão, mais especificamente no trânsito da cidade que, por falta de vazão, apresenta um tráfego intenso. O deslocamento, especialmente nas áreas centrais da cidade, é uma atividade árdua para os usuários (Sardinha e França, 2010). Montes Claros/MG porém, apresenta como infraestrutura voltada para a melhoria do serviço de transporte público apenas as baias de parada de ônibus em alguns pontos de maior fluxo de embarque e desembarque.

A motivação e desenvolvimento do presente trabalho se deve à necessidade de abordar novas infraestruturas capazes de atenuarem ou resolverem o problema do trânsito local que assola a população diariamente. Justifica-se, portanto, analisar a implantação de corredores de ônibus na cidade de Montes Claros/MG como alternativa ao problema do tráfego dos veículos de transporte público, visando minimizar os problemas como tempo de espera, tempo para percorrer o corredor e taxas de utilização dos semáforos.

Com o intuito de avaliar os riscos, benefícios ou eventuais prejuízos desse empreendimento, justifica-se fazer uma simulação prévia da implantação desses corredores de ônibus objetivando evidenciar da maneira mais real possível o comportamento dos ônibus nestes corredores.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

- Avaliar a utilização de um simulador na viabilidade de transformação de uma via de tráfego misto em corredor exclusivo para transporte público na cidade de Montes Claros.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a implantação de um corredor de ônibus na cidade de Montes Claros/MG;
- Analisar, por meio de revisão de literatura, os parâmetros de desempenho em corredores mistos e exclusivos;
- Simular a implantação de corredores de ônibus na cidade de Montes Claros utilizando o *software* de simulação Arena para avaliar o desempenho da infraestrutura proposta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Transporte Urbano e Mobilidade Urbana

As relações humanas trazem diferentes necessidades na convivência social e no processo de integração entre as pessoas. O agrupamento dos seres humanos traduz essa necessidade de se reunirem para um fim em comum. Pouco a pouco os agrupamentos vão se expandindo, núcleos sociais surgem e cada agrupamento toma forma e demonstra necessidades específicas, tais como defesa militar, administrações políticas, descobertas científicas, recursos naturais e econômicos, desenvolvimento das comunicações e dos meios de transporte.

Ferraz e Torres (2004) afirmam que algumas atividades essenciais para o desenvolvimento humano somente são possíveis com deslocamento de produtos e pessoas, o que faz com que a mobilidade urbana seja um elemento importante para a qualidade de vida da população. Alguns exemplos destas atividades são: abastecimento de água, coleta de esgoto, fornecimento de energia elétrica, dentre outros. Se proporcionada de maneira adequada para todas as classes sociais, a mobilidade se caracteriza como ação importante no desenvolvimento econômico e social das cidades.

Conforme dispõe o CENSO Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010)¹, a população urbana no Brasil totalizava 160.925.792 milhões de habitantes, ao passo que a população rural totalizava 29.830.007 milhões de habitantes. O transporte urbano instrumentaliza a mobilidade urbana a nível global, daí a preocupação e necessidade de um transporte urbano eficaz no Brasil, de maioria populacional urbana. Conforme explica Neto (2001)², novas comunidades se formaram, inclusive nas periferias dos centros urbanos e os limites para as áreas vizinhas foram alargados.

Acontece que tais áreas não receberam investimento suficiente que fosse capaz de

¹ Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=11&uf=00> Acesso em: 17/09/2017.

² Disponível em: http://repositorio.ufc.br/ri/bitstream/riufc/1817/1/2001_dis_wapereirneto.pdf Acesso em: 12/08/2016.

garantir infraestrutura necessária para o bem da população residente nesses locais, como por exemplo escolas e postos de saúde, o que ocasionou a necessidade de grandes deslocamentos da população para gozar desses serviços essenciais (Neto, 2001).

A preocupação de desenvolver meios para os deslocamentos existe desde a antiguidade, com a preocupação com as rotas comerciais, com a marcha dos exércitos, com o fornecimento de água para as cidades e outros recursos naturais (MUMFORD, 1998).

Rodrigues (2007) diz que o aparecimento do transporte público em várias cidades se originou da Revolução Industrial. A produção dos bens, que era feita de maneira artesanal nas próprias casas dos trabalhadores com ferramentas rústicas, começou a ser feita utilizando máquinas e ferramentas especiais nas fábricas, situação que obrigou os operários a se deslocarem diariamente aos locais de trabalho.

Segundo Rodrigues (2007), na primeira metade do século XIX surgiram os primeiros bondes - veículos que se moviam sobre trilhos e eram puxados por animais, geralmente cavalos. Sua vantagem era a menor resistência ao movimento e o jeito de rodar e se deslocar mais suave, o que aumentou o conforto dos passageiros e a vida útil dos veículos. Já na última década do século XIX surge o bonde impulsionado por motor elétrico, sendo vantajoso por apresentarem menor custo de operação e maior segurança. Por isso fez sucesso por vários anos e permaneceu como principal meio de transporte urbano utilizado no mundo.

O surgimento do ônibus com tração mecânica se conecta ao que é uma das formas mais utilizadas de transporte urbano, o transporte urbano público coletivo. Ferraz e Torres (2004) explicam que diversas tentativas de movimentar o que se conhece por ônibus atualmente foram feitas no século XIX, porém nenhuma teve sucesso até mais ou menos 1890, quando os primeiros ônibus movidos à gasolina começaram a ser utilizados na Alemanha, França e Inglaterra. Os primeiros ônibus movidos a óleo diesel, destacam os autores, começaram a operar primeiramente na Alemanha e depois na Inglaterra.

Em face da diversidade de necessidades de deslocamentos e dos vários meios de transportes existentes, são feitas classificações sobre o assunto por questões metodológicas e práticas. A lei nº 12.587/2012³ traz algumas classificações, em seu art. 3º e parágrafos seguintes:

³ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm Acesso em: 16/08/2017.

Art. 3º O Sistema Nacional de Mobilidade Urbana é o conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte, de serviços e de infraestruturas que garante os deslocamentos de pessoas e cargas no território do Município.

§ 2º Os serviços de transporte urbano são classificados:

(...)

II - quanto à característica do serviço:

a) coletivo;

b) individual;

III - quanto à natureza do serviço:

a) público;

b) privado.

Já em seus estudos, Ferraz e Torres (2004) propunham uma classificação mais prática sobre os modos de transporte urbano de passageiros, dividida em três grandes grupos: privado ou individual, semipúblico e público, coletivo ou de massa.

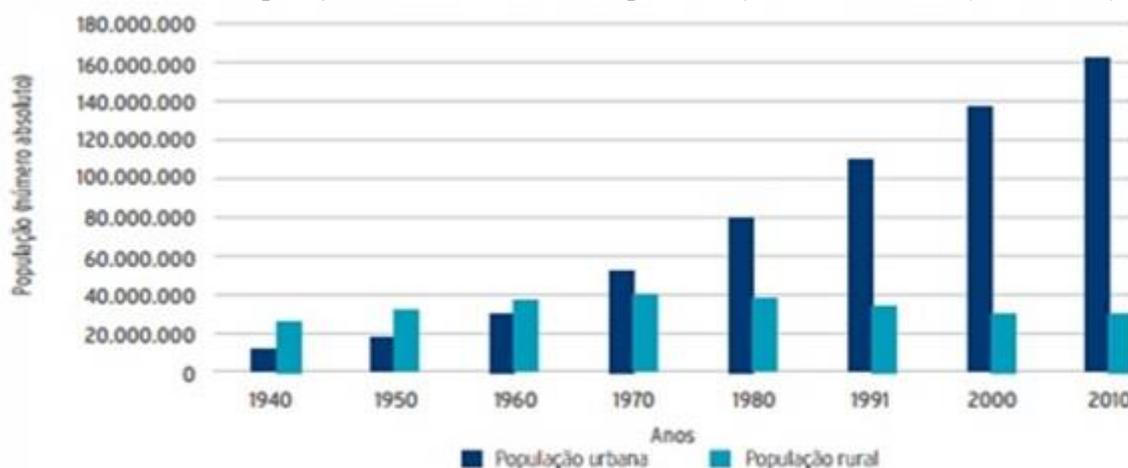
Transporte urbano Privado, segundo Ferraz e Torres (2004) e Rodrigues (2007), são descritos como aqueles em que os usuários conduzem, escolhendo livremente o caminho e horário de partida, de maneira autônoma. Em geral são feitos em pequenas distâncias, de porta a porta, com veículos de capacidade pequena. Esses autores citam como exemplos o transporte a pé, a bicicleta, a motocicleta, o carro, os animais montados ou veículo com tração animal.

No caso dos veículos semipúblicos, Ferraz e Torres (2004) e Rodrigues (2007) explicam que o veículo pertence a uma empresa ou indivíduo, porém ao mesmo tempo ele pode ser utilizado por grupo de indivíduos ou pessoa, sendo as rotas e horários adaptáveis a cada necessidade. Citam como exemplos mais comuns o táxi, o mototáxi, veículo fretado ou alugado e carona programada.

Finalmente, o transporte público, coletivo ou de massa, segundo Ferraz e Torres (2004) e Rodrigues (2007), é aquele em que os veículos pertencem a uma empresa e operam em rotas predefinidas e horários fixos, subordinadas ou sob as regras do poder público. O uso não é flexibilizado no espaço e no tempo, a capacidade do veículo é grande e geralmente a viagem é realizada com várias pessoas juntas. Mencionam como exemplos o ônibus, o bonde, o metrô e o trem metropolitano.

A modernização na forma de produzir no campo pediu com que a zona rural fosse cada vez mais completada por mão de obra. A população começou a migrar para as cidades em busca de serviços essenciais, como saúde e educação, conforme representado no Gráfico 01.

Gráfico 01 – População residente no Brasil, por situação de domicílio (1940/2010)



Fonte: IBGE (2010)

Conforme pode ser visto no gráfico 1, a partir de 1970 o Brasil se tornou um país efetivamente urbano. A Confederação Nacional do Transporte (2017, p. 11-12)⁴ diz que o crescimento não planejado para as áreas urbanas contribuiu para que as cidades se desenvolvessem sem o adequado aproveitamento e ocupação do espaço territorial, favorecendo assim a criação de áreas habitacionais distantes das necessidades básicas da população. Daí a necessidade e importância de um transporte público que ofereça mobilidade plena para as pessoas que necessitarem do serviço.

O ônibus contribui para democratizar a mobilidade, já que na maioria das vezes é a única forma de locomoção para quem não possui automóvel ou não pode dirigir e constitui também uma alternativa para substituir o automóvel para reduzir congestionamentos, poluição, consumo de energia, acidentes de trânsito, perda de eficiência econômica das cidades e desumanização do espaço urbano.

Ainda em relação às vantagens no uso do transporte coletivo, Ferraz e Torres (2004) explicam que ainda como alternativa ao automóvel, ele ocasiona diminuição na necessidade de investir em ampliação de sistemas viários, estacionamentos, sistemas de controle de tráfego; proporciona uma ocupação mais eficiente e humana do espaço terrestre nas cidades e melhor utilização do solo e propicia quase sempre melhor segurança aos passageiros em relação a outros meios de transporte.

Em relação às desvantagens, Ferraz e Torres (2004, p. 87-88) destacam:

⁴ Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Pesquisa/mobilidade-populacao-urbana> Acesso em: 08/09/2017.

Os principais inconvenientes do transporte público para os usuários são:

- Rigidez dos horários de passagem, que constitui um problema sério nas linhas de baixa frequência;
- Total falta de flexibilidade no percurso;
- Necessidade de caminhar ou utilizar outro meio de transporte para completar a viagem, a qual não é de porta a porta;
- Desconforto de caminhadas e esperas em condições climáticas adversas: neve, chuva, frio, sol, calor excessivo, vento forte, etc;
- Em geral, maior tempo de viagem, devido à menor velocidade média, maior percurso e maior distância de caminhada;
- Necessidade de transbordo para uma parcela significativa de usuários;
- Geralmente, impossibilidade de fazer paradas intermediárias durante a viagem para realizar alguma atividade;
- Impossibilidade de transportar carga;
- Necessidade de esperar o veículo de transporte.

Os aspectos negativos em sua maioria estão voltados para a questão da comodidade do passageiro ou de quem faz uso do serviço. Horários rígidos e fixos, necessidade de caminhar, desconforto na espera, impossibilidade de paradas intermediárias e tempo de espera.

Ferreira (2006) acrescenta que os veículos privados apresentam uma vantagem competitiva em relação aos tempos de viagem sobre os outros modos de transporte, principalmente por conta dos investimentos altos em infraestrutura viária. Nesse sentido, o transporte coletivo passa a ser visto de maneira inferiorizada e não acompanha a dinâmica de relações corridas do dia a dia, desestimulando o uso contínuo do transporte urbano público.

Segundo Barreto (2008) os grandes centros urbanos pouco a pouco se tornam cenário de viagens mais demoradas, de perda de mobilidade das pessoas, de grandes congestionamentos, de aumento de poluição, de desperdício de energia, de acidentes, de mortes, de aumento de frota de veículos particulares, dentre outros aspectos negativos.

Assim, Mitchell (2008) menciona a expressão “mobilidade sustentável”, compreendendo a promoção da integração social por meio da mobilidade, tendo o transporte urbano como válvula propulsora, com respeito à sustentabilidade, aproveitando da melhor forma possível, sem danos ao meio ambiente e ao espaço terrestre para promover o trânsito dos indivíduos num contexto sustentável.

Assim, devem ser pensados planos de mobilidade urbana que possibilitem a identificação dos projetos e ações que a administração pública implantará no futuro, possibilitando também discussões junto à sociedade sobre o modelo empregado para o deslocamento, os efeitos negativos e principalmente os impactos causados ao meio ambiente.

2.2 Infraestruturas de transporte coletivo

O aperfeiçoamento e melhoria nos sistemas de transporte possibilitam gerar economias externas para outras atividades e assim o sistema econômico da cidade se fortalece. Sendo assim, serão apontadas três tipos de infraestruturas a seguir: *Bus Rapid Transit* – BRT, Faixas Exclusivas e Corredores de Ônibus.

2.2.1 *Bus Rapid Transit* - BRT

Segundo o Ministério das Cidades (2008, p. 01)⁵ o *Bus Rapid Transit* – BRT possui infraestrutura segregada, com prioridade de passagem em detrimento dos demais veículos, proporcionando rapidez, conforto, eficiência e baixo custo para seus usuários.

Silva (2015, p. 17) diz que o BRT prioriza o trânsito do transporte coletivo utilizando ônibus com padrões maiores, com prioridade de passagem, seja ele em vias exclusivas ou via mista de uso, proporcionando desempenho de velocidade no tráfego, na capacidade de atender mais usuários e maior fluidez no deslocamento. Um exemplo de BRT em via exclusiva segregada pode ser visto na Figura 01.

Figura 01 – BRT em Belo Horizonte/MG.



Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte (2015).

⁵ Disponível em: <https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/52.-Bus-Rapid-Transit-Guide-PartIntro-2007-09.pdf> Acesso em: 05/09/2017.

De acordo com o Ministério das Cidades (2008, p. 02), a eficiência desse sistema se relaciona também ao baixo custo de implantação e à sua alta capacidade de operar sem subsídios, completando ainda que sistemas de BRTs podem ser implementados em um breve período de tempo e, por fim, esse sistema ainda apresenta uma infraestrutura flexível que pode ser modulada e adaptada de acordo as diferentes condições urbanas em termos de custo.

2.2.2 Faixas exclusivas para ônibus

As faixas exclusivas para ônibus constituem outra infraestrutura a ser aplicada para melhoria do trânsito dos ônibus da rede pública, a fim de promover com maior eficiência a mobilidade dos cidadãos que buscam fazer uso do serviço.

A Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, no estado do Paraná – SEDU/PR e a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos – NTU (2002, p. 15)⁶, em relatório técnico que cuidou de observar a prioridade para o transporte coletivo urbano, assim definem as faixas exclusivas:

São faixas de tráfego reservadas para o uso exclusivo de veículos de transporte coletivo, separadas das faixas de tráfego geral por meio de pintura e/ou tachões no pavimento. Estes dispositivos de separação não segregam totalmente a faixa em relação ao fluxo de tráfego geral e, portanto, elas podem ser temporariamente compartilhadas com outros veículos para acesso a propriedades lindeiras, movimentos de conversão permitidos, etc. A faixa exclusiva pode ser implantada no fluxo ou no contra-fluxo e localizada no lado direito ou esquerdo da via, junto às calçadas ou ao meio-fio do canteiro central.

Ayure (2014) ressalta que a implantação desse tipo de estrutura para atender ao transporte público é uma característica de cidades em desenvolvimento. Veja na figura 02 um exemplo de faixa exclusiva para ônibus.

Ainda de acordo com Ayure (2014, p. 36), a implantação das faixas exclusivas para o transporte coletivo apresenta como vantagens o “aumento da velocidade de operação, melhoria na confiabilidade, aumento na visibilidade do trânsito e diminuição nos tempos de viagem”.

⁶Disponível em <http://www.fetranspordocs.com.br/downloads/09PrioridadeTransporteColetivoUrbano.pdf>
Acesso em: 07/07/2017.

Figura 02 - Faixa exclusiva sem segregação física com pintura viária, no sentido do fluxo de tráfego.



Fonte: NTU (2002).

A implantação de faixas exclusivas depende de vários fatores específicos, peculiares a cada localidade, à necessidade de cada município. O fluxo, estudos, acompanhamento do tráfego, necessidades locais e a evolução da infraestrutura implantada devem ser acompanhados criteriosamente para garantir a mobilidade buscada.

2.2.3 Corredores de ônibus

Os corredores de ônibus, segundo explicação da SEDU/PR e da NTU (2002), são vias específicas para o tráfego de ônibus, integradas às rodovias urbanas normais. São vias que tem como objetivo melhorar a qualidade no atendimento aos usuários do transporte público com rapidez, agilidade e conforto a um custo mais baixo, além de trazer mais segurança à população no trânsito e colaborar para um tráfego mais organizado.

Conforme a SEDU/PR e a NTU (2002), os corredores de ônibus podem ser exclusivos ou mistos. No primeiro caso o corredor permite aos ônibus transitarem de forma segregada do tráfego geral, sem nenhuma interferência, fazendo com que estes desempenhem satisfatoriamente o seu desempenho operacional. Já no segundo caso, nos corredores mistos, trafegam juntamente com outros veículos e pedestres, assim o desempenho dos ônibus é fortemente prejudicado pelas interferências sofridas durante o trajeto.

De acordo com a demanda de cada cidade, novas infraestruturas devem ser incorporadas ou as já existentes aprimoradas de acordo com a evolução do sistema de

transportes local e intensificação do fluxo de ônibus ou passageiros.

Quando o fluxo de ônibus passa a ser considerável, Castilho (1997) diz que as interferências de tráfego se tornam representativas e medidas mais abrangentes se fazem necessárias para melhorar o desempenho global dos mesmos.

A grande meta é conferir direito exclusivo de circulação para liberar as vias de tráfego, agilizar o trânsito, possibilitar maior eficiência no oferecimento do serviço, menores custos em relação a ampliar as rotas viárias e a inclusão social promovida no interior de toda a cidade.

Quando há segregação física do tráfego, Castilho (1997) explica que se tem a origem dos corredores exclusivos de ônibus, cuja principal vantagem é garantir o direito exclusivo de circulação e promover um ambiente de operação que favoreça aplicar medidas complementares, tais como comboios ordenados, serviços expressos e semáforos.

A SEDU/PR e a NTU (2002, p. 24) fazem uma análise sobre a utilização de corredores exclusivos e sua desvantagem, se não pensados de maneira prática e calculada:

Segundo pesquisa realizada pela CNT (2002), em alguns corredores de transporte brasileiros, o tempo despendido nas paradas chega a representar mais de 50% do tempo total de deslocamento no trecho pesquisado, considerando o tempo gasto no embarque e desembarque e o tempo que os veículos ficam esperando para se posicionar ou sair em função da saturação do ponto de parada, chamado naquele trabalho de tempo perdido em espera. A duração desse tempo depende principalmente dos seguintes fatores:

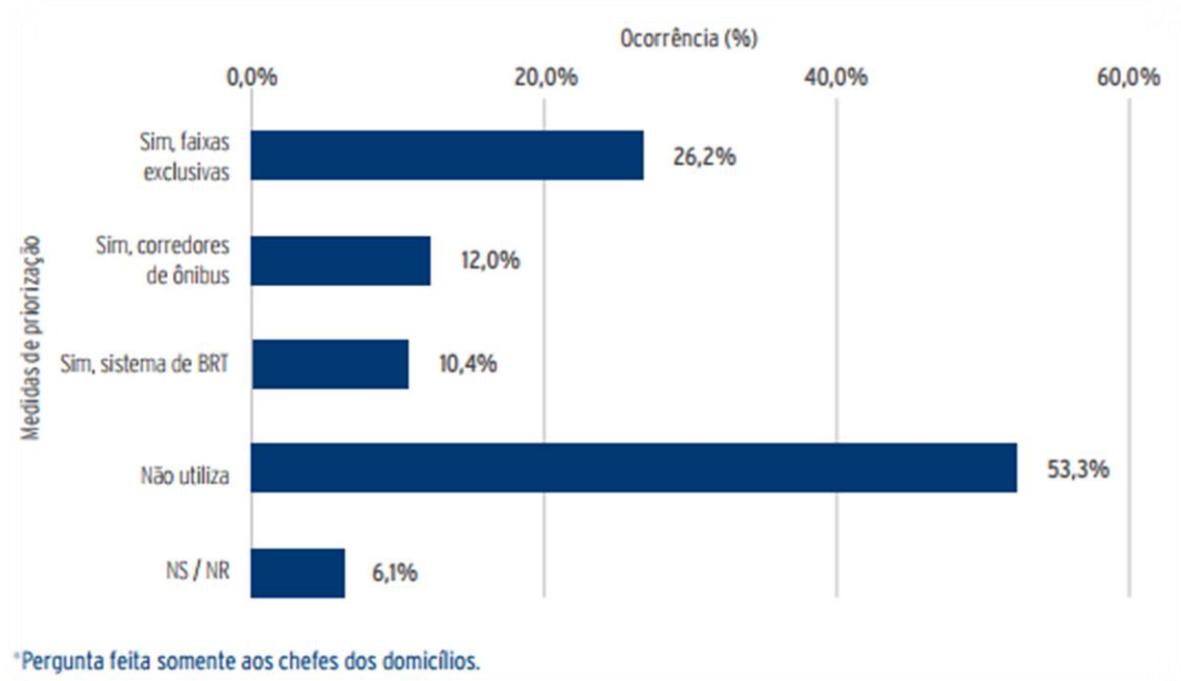
- A possibilidade de ultrapassagem nas paradas;
- A distância entre as paradas;
- A capacidade das paradas/estações (em termos de número de passageiros e veículos);
- Os tempos de embarque e desembarque.

A Confederação Nacional do Transporte (2017) em pesquisa recente analisou o nível de acesso às medidas de priorização do transporte público pelas famílias, destacando que as perguntas foram feitas apenas para os considerados chefes dos domicílios, conforme mostra o gráfico 02, que permite observar que mais da metade (53,3%) dos entrevistados não têm acesso a qualquer medida de prioridade do transporte público.

Segundo as análises da Confederação Nacional do Transporte (2017), mesmo que haja importante volume de investimentos já finalizados, parte considerável da população não foi beneficiada em termos de melhoria do transporte público. Os investimentos em mobilidade urbana já aprovados pelo PAC, mas ainda pendentes, somam mais de R\$ 32 bilhões de reais e mais de 600 projetos de medidas de priorização e melhoria de infraestrutura que estão

pendentes.

Gráfico 02 - Acesso às medidas de priorização do transporte público (2017)



Fonte: Confederação Nacional do Transporte (2017).

O corredor exclusivo se mostra como uma infraestrutura eficaz capaz de potencializar o serviço de transporte coletivo em termos de ganho de tempo com o trajeto, custos reduzidos aos passageiros, tempo de viagem reduzido, melhoria no deslocamento para os ônibus, capacidade para atender um maior número de usuários e de ganho de mobilidade urbana dentro dos limites do município.

2.3 Parâmetros operacionais

Para implantação ou aprimoramento de infraestruturas voltadas para melhoria no transporte coletivo, é necessário estabelecer parâmetros operacionais que auxiliarão na infraestrutura a ser implantada. Ou seja, no contexto de implantação de corredores de ônibus não se pode ignorar o auxílio de estruturas secundárias que apoiarão a eficiência do corredor implantado.

2.3.1 Semáforo

Um desses parâmetros operacionais é o semáforo que, segundo o Departamento Nacional de trânsito - DENATRAN (1984, p. 14), constitui um dispositivo de controle de tráfego que através de indicações luminosas alterna o direito de passagem dos veículos ou pedestres em interseções, garantindo assim o dinamismo na relação do trânsito para todos os usuários.

Em relação à tecnologia empregada, o CONTRAN (2014, p. 34) dispõe que os controladores se dividem em eletromecânicos e eletrônicos. Os controladores eletromecânicos são feitos com componentes elétricos e mecânicos, comportando apenas uma programação semafórica por vez, possuindo assim limitações de funcionamento. Já os Controladores Eletrônicos são constituídos por componentes elétricos e eletrônicos. Ele é programado a partir de recursos computacionais, podendo ter várias programações semafóricas, de acordo com a necessidade do trânsito, sendo assim mais flexível.

As cores do semáforo se intercalam a fim de conferir o controle do tráfego e permitir que o trânsito se organize com mais fluidez. Conforme explica o DENATRAN (1984), os tempos variáveis de cada indicação luminosa de um semáforo são denominados estágios ou intervalos, ao passo que a sequência de luzes em cada aproximação é chamada de fase. O tempo total da completa sequência luminosa em todas as aproximações é denominado ciclo.

O tempo de intercalação das cores é organizado para atender critérios de segurança, organização, fluidez no tráfego e até para atender necessidades especiais como a limpeza dos veículos nos cruzamentos ou travessia segura dos pedestres.

2.3.2 Fluxo de saturação e capacidade

O deslocamento e a quantidade do tráfego de veículos que passam por um circuito semafórico quando o tempo está na indicação verde podem ser estabelecidos pelo fluxo de saturação.

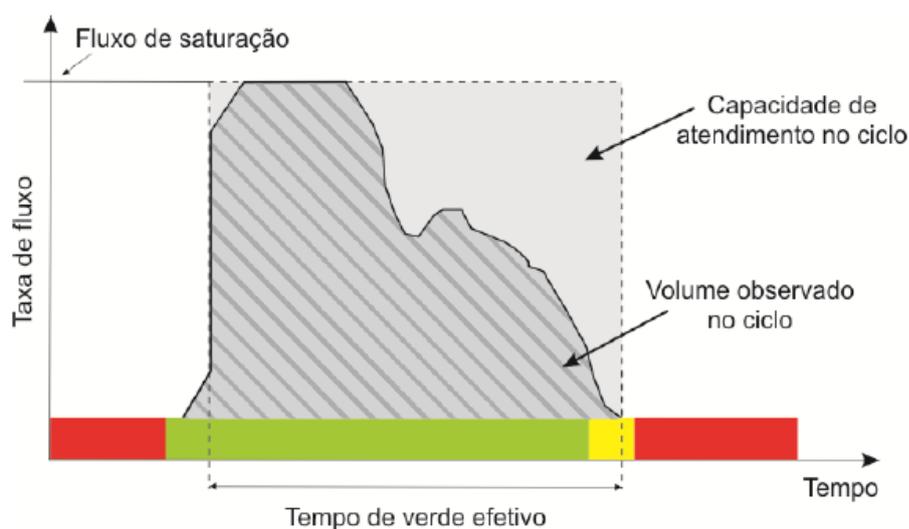
Segundo Spigolon (2010)⁷ o fluxo de saturação compreende pelo máximo número de veículos que avança um cruzamento com o semáforo na indicação verde ativa, que dependerá de outros fatores relativos ao tráfego.

Assim, quando a cor sinalizada no semáforo está verde, os veículos avançam o cruzamento e através dessa quantificação do número de veículos é possível obter o fluxo de saturação. Sobre as questões específicas do fluxo de saturação, o CONTRAN (2014, p. 76) diz:

O Fluxo de Saturação de um grupo de movimentos corresponde ao número máximo de veículos que poderia passar em uma aproximação controlada por sinalização semafórica no caso dessa aproximação receber indicação verde durante uma hora inteira. É representado pela máxima taxa de fluxo de tráfego observada em períodos saturados. O Fluxo de Saturação é afetado pelas condições da via, do tráfego e do ambiente. Em relação às condições da via, os fatores mais importantes são a topografia, geometria, o número e a largura das faixas, e o estado do pavimento.

Já a capacidade de um grupo de movimentos é o número máximo de veículos que podem passar em uma aproximação controlada por sinalização semafórica durante uma hora explica o CONTRAN (2014, p.86). Quando uma quantidade de veículos passa em local controlado por sinalização à base de semáforos, é possível estabelecer a capacidade de um grupo de movimentos, conforme se vê no Gráfico 03.

Gráfico 03: Fluxo de saturação e capacidade



Fonte: CONTRAN (2014).

⁷ Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-17012011-140333/pt-br.php> Acesso em: 20/09/2017.

Para medir o fluxo de saturação, em um primeiro momento é preciso fazer uma coleta de dados e logo após jogar os dados coletados em algumas fórmulas. A seguir é descrito o passo a passo que deve ser feito para obtenção dos dados. Essas informações foram retiradas do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, elaborado pelo CONTRAN (2014), apêndice 6, o método 1.

A coleta de dados pode ser realizada mediante o preenchimento da tabela situada no anexo I na qual para cada ciclo deve ser marcado o tempo transcorrido entre o início da indicação verde e a passagem das rodas traseiras pela faixa do sinal do quarto veículo (H_4) e do último veículo (H_f) da fila. Abaixo seguem instruções gerais para efetuar a coleta desses dados, conforme dispõe o CONTRAN (2014, p. 264):

- A coleta de dados não deve ser realizada para ciclos em que a fila presente na faixa no início do verde é inferior a 6 veículos, ou quando o trecho a jusante não tiver capacidade de absorver os veículos que cruzam a linha de retenção.
- A coleta de dados é encerrada com a medição de H_f , que é o tempo transcorrido entre o início do verde e a passagem das rodas traseiras do último veículo da fila que cruza a linha de retenção, sendo f a posição desse veículo na fila.
- No caso de $f < 20$, ou seja, o último veículo que passar pelo tempo verde for menor que 20, a posição do veículo na fila correspondente ao último valor de tempo registrado é verificada diretamente na planilha do Anexo F.
- No caso de $f > 20$, informar na linha iniciada pelo campo “ $f > 20$ ” o valor de f , registrando no campo correspondente da linha “Outros dados” o valor do H_f .
- No campo “Observações” registrar para cada ciclo eventos que podem interferir nos resultados das medições, especialmente bloqueio da faixa, indicando o momento em que cada evento ocorreu.

Após coletar todos os dados é preciso seguir os seguintes procedimentos para o cálculo de cada um dos ciclos observados:

- o fluxo de saturação da faixa é dado pela média aritmética dos fluxos de saturação obtidos para os ciclos observados. O mesmo se aplica para a determinação do tempo perdido inicial e do tempo perdido final;
- o fluxo de saturação de um grupo de movimentos é obtido pela soma dos fluxos de saturação das faixas de trânsito que o servem;

Feito isso, deve-se computar o headway médio e o fluxo de saturação para cada ciclo, utilizando as fórmulas 1 e 2, segundo orienta o CONTRAN (2014, p. 266):

$$Hm = \frac{Hfs - H4}{fs - 4} \quad (1)$$

$$FS = \frac{3600}{Hm} \quad (2)$$

Em que:

Hm = headway médio para a faixa, no ciclo considerado (em segundos);

$H4$ = tempo transcorrido entre o início da indicação verde e a passagem das rodas traseiras do quarto veículo da fila (em segundos);

Hfs = tempo transcorrido entre o início da indicação verde e a passagem das rodas traseiras do último veículo proveniente da fila que passa sobre a linha de retenção durante o verde (em segundos);

fs = posição do último veículo da fila que passa sobre a linha de retenção.

FS = fluxo de saturação (em veículos por hora de tempo verde);

Após o cálculo do headway médio e o fluxo de saturação para cada ciclo coletado, é preciso fazer uma média de todos os resultados obtidos para cada semáforo, obtendo-se assim os valores do fluxo de saturação.

Para se obter a capacidade de atendimento de um grupo de movimentos, primeiramente é preciso ter o fluxo de saturação de cada semáforo. Obtidos esses dados, devem ser feitos os cálculos de capacidade também para cada semáforo, que é determinado pela equação 3, conforme explica o CONTRAN (2014, p. 86):

$$Cap = FS \times \frac{t_{v,efet}}{t_c} \quad (3)$$

Em que:

Cap – capacidade, em veículos por hora ou ucp/h;

FS – fluxo de saturação, em veículos por hora ou ucp/h;

$t_{v,efet}$ – tempo de verde efetivo, em segundos;

t_c – tempo de ciclo, em segundos.

2.3.3 Embarque e desembarque

Ao se falar em mobilidade urbana, deve-se lembrar da acessibilidade que são meios que facilitam e tornam acessível a mobilidade via transporte público aos seus usuários. Nesse sentido, o embarque e desembarque dos passageiros deve ser analisado sob a ideia de parâmetros operacionais, pois o tempo neste processo pode contribuir na eficiência dos corredores de ônibus implantados.

O Ministério das Cidades (2008, p. 188), ao tratar dos benefícios da economia de tempo para passageiros de transporte público diz que os benefícios da implantação de um corredor deve observar a demanda de passageiros em cada corredor, o grau de melhoria do transporte e a condição urbana das cidades onde estão em funcionamento. As melhorias que serão revertidas em benefícios, são resultados da redução dos atrasos em congestionamento e atrasos em embarque e desembarque. Ou seja, quanto mais ágil for o embarque e desembarque, houver menos congestionamentos e ser feito um maior número de viagens, mais benéfico ao município será o corredor de ônibus implantado.

Há divergências na análise do tempo de parada médio entre alguns autores. Gorni (2010)⁸ avalia que o tempo de parada médio para embarque e desembarque leva de 20 a 40 segundos. Já o Ministério das Cidades (2008) aponta que um sistema convencional de ônibus precisa geralmente de 60 segundos de tempo de parada, este compreendido como o tempo total em que o ônibus ocupa uma posição de parada na estação, levando em consideração o tempo total de embarques, o tempo total de desembarques e o tempo morto.

O Ministério das cidades (2008, p. 270) define o tempo morto como “tempo necessário para que o veículo reduza a velocidade, aproxime-se da plataforma e abra as portas para o embarque e desembarque de passageiros, somado ao tempo de fechar as portas e acelerar para fora da posição de embarque”.

Puong *apud* Chagas (2014, p. 26)⁹ diz que a aglomeração de pessoas em pé que já embarcaram interfere no tempo de parada dos ônibus. A operação no seu transcorrer normal deve primar para que não haja excesso de pessoas em pé dentro do veículo, visando a rapidez

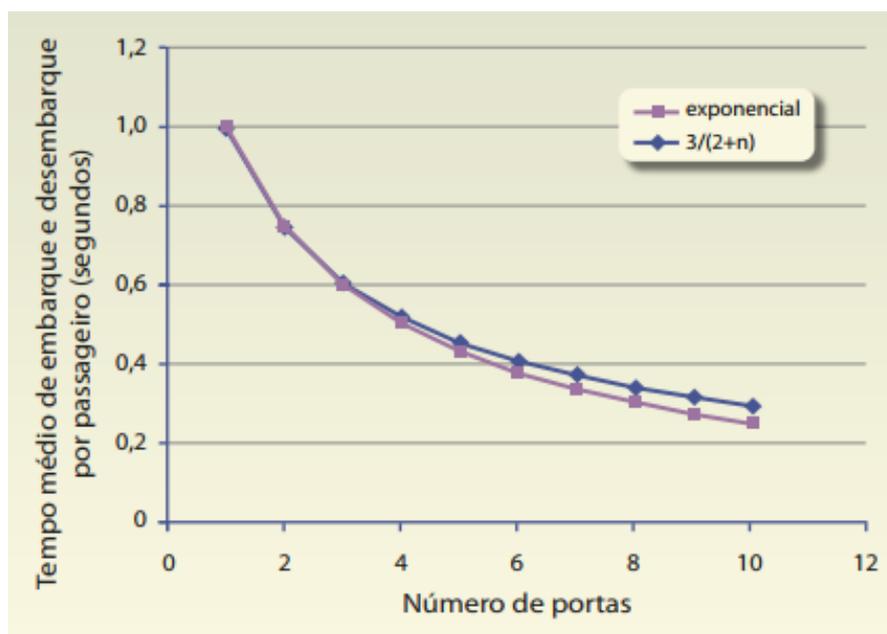
⁸ Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-19012011-103449/pt-br.php> Acesso em: 17/07/2017.

⁹ Disponível em: <https://www.ufmg.br/pos/geotrans/images/stories/diss040.pdf> Acesso em: 17/07/2017.

e eficiência no embarque e desembarque dos usuários do transporte coletivo.

Os ônibus utilizados para o transporte público, mas que possuem somente uma porta, provavelmente terão problemas com congestionamento de usuários tentando embarcar e desembarcar. No Gráfico 04 é demonstrada a relação entre o tempo de embarque e desembarque e a quantidade de portas do veículo utilizado para o serviço de transporte:

Gráfico 04 - Impacto do número de portas em tempos de embarque e desembarque.



Fonte: Ministério das Cidades (2008).

Como pode ser observado, quanto maior o número de portas no veículo, menos tempo médio de embarque e desembarque de passageiro será gasto, constituindo um fator para ser observado quando da implantação de um corredor de ônibus ou outra infraestrutura que vise a melhoria da mobilidade urbana.

Ao falar de um tempo de parada mais ágil, não se pode ignorar o local de parada, bem como a estrutura física que receberá os ônibus durante o embarque e desembarque, que podem ser chamadas de baias de ônibus.

Ferraz e Torres (2004) mencionam que o posicionamento das baias em face da guia da via deve observar questões como quantidade de vagas de estacionamento, fluidez do trânsito, comodidade dos pedestres, usuários esperando no ponto de parada e a facilidade de retorno do ônibus para a corrente de tráfego da qual saiu para embarque e desembarque dos passageiros.

Assim, tem-se a guia recuada tipo baia como opção para atender o fluxo dos ônibus e de usuários com uma melhor infraestrutura.

Em relação à definição de baias de parada, Castilho (1997, p. 10) diz que baias de ônibus são espaços recortados no meio-fio que permitem aos ônibus parar fora do tráfego normal enquanto os passageiros realizam o embarque e desembarque. Dois grandes benefícios da sua implantação seriam a redução das chances de obstrução por veículos estacionados irregularmente e a redução nos atrasos do restante do tráfego. A figura 03 permite melhor visualização de uma baia de ônibus.

Figura 03- Baia de ônibus/ local de embarque e desembarque – Praça Doutor Carlos Versiani, situada à Rua Doutor Santos, Centro, Montes Claros/MG.



Fonte: Acervo do autor (2017).

Apesar das vantagens supracitadas com relação aos benefícios das baias de ônibus, Castilho (1997) atenta para o fato de que quando há na via principal um fluxo intenso de veículos, o que é o caso da baia da figura 03, o reingresso do ônibus na corrente de tráfego normal se torna difícil e o tempo de ganho com as baias fica perdido com o tempo que se tenta reingressar nas vias de trânsito normais.

Nesse sentido, Castilho (1997) explica que nos casos em que o fluxo de ônibus para o transporte público é consideravelmente intenso, surge a necessidade de interferir no tráfego de

maneira direta, surgindo medidas mais abrangentes e necessárias para melhorar o desempenho do transporte coletivo e da mobilidade urbana.

2.4 Transporte público em Montes Claros/MG

Montes Claros é uma cidade situada ao norte do Estado de Minas Gerais, que conta com uma população estimada em 2017 de 402.027 habitantes distribuída em um território de aproximadamente 3.568,941 km², com densidade demográfica registrada no Censo (2010) de 101,41 habitantes por km², de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010)¹⁰.

A Prefeitura de Montes Claros/MG (2013)¹¹, ao tratar dos aspectos gerais, descreve a cidade com economia diversificada, comércio movimentado que abastece cerca de 150 cidades nas regiões de abrangência local.

Ainda segundo a Prefeitura de Montes Claros/MG (2013, s.n) a cidade possui os seguintes destaques e transformações ao longo dos anos:

Nos últimos anos a cidade se transformou em um importante polo universitário, que atrai estudantes de várias partes do país. 13 instituições de ensino superior particulares e os campus da Universidade Federal de Minas Gerais e da Universidade Estadual de Montes Claros oferecem 50 cursos de graduação, além de pós-graduação e mestrado, onde estudam 30 mil universitários. No setor de prestação de serviços são ao todo 3.411 pequenas, médias e grandes empresas disponíveis no mercado. A construção civil deve gerar mais 10 mil empregos a médio prazo, impulsionada por investimentos na construção de 5 mil imóveis para atender todas as camadas da população. Os números do setor industrial comprovam a vitalidade da economia de Montes Claros. Segundo a conceituada consultoria Target Marketing são 1.066 pequenas, médias e grandes unidades industriais em atividade. Entre elas 04 grandes fábricas do grupo têxtil Coteminas; uma unidade da Lafarge, grupo francês líder mundial em materiais de construção; a maior fábrica de leite condensado do mundo, pertencente ao Grupo Nestlé; a multinacional Elster; a Vallé Nordeste e a Novo Nordisk, farmacêutica dinamarquesa líder no mercado de insulina.

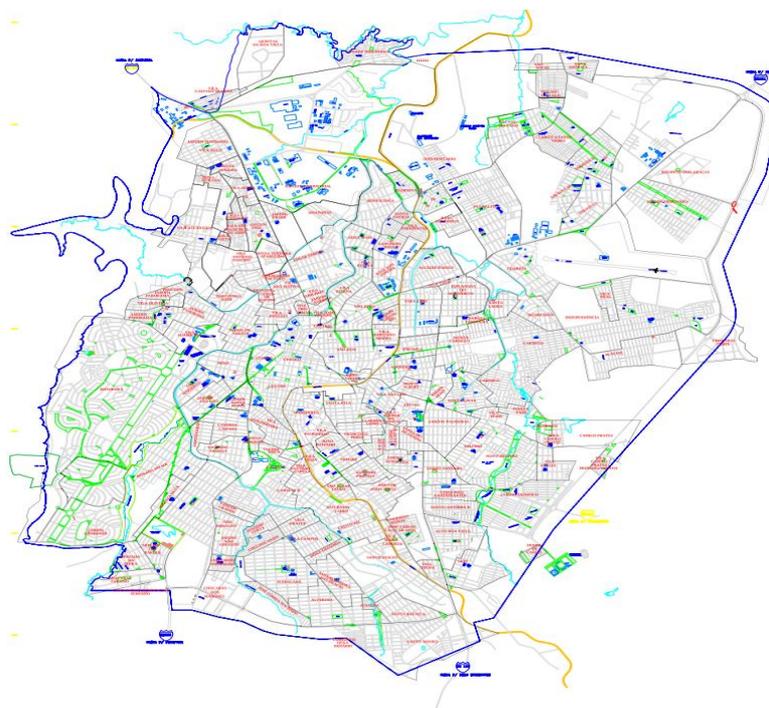
Para que a cidade funcione e opere no dia a dia de maneira efetiva é necessário o deslocamento de pessoas e mercadorias. Dessa maneira, o transporte urbano coletivo na cidade

¹⁰ Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama> Acesso em: 18/07/2017.

¹¹ Disponível em: http://www.montesclaros.mg.gov.br/cidade/aspectos_gerais.htm Acesso em: 17/07/2017.

assume importância significativa, já que a extensão da cidade é representativa e o fluxo de mercadorias, serviços e pessoas é intenso, contínuo, gradativo e aumenta com o passar dos anos. O mapa da cidade pode ser visto na figura 04.

Figura 04 - Mapa perímetro de bairros da cidade de Montes Claros/MG.



Fonte: Prefeitura de Montes Claros (2008).

De acordo com Souza Junior (2015, p.2) a cidade apresentou grande crescimento de sua malha urbana nos últimos tempos e a falta de planejamento fez com que surgissem problemas com a infraestrutura, como vias estreitas e irregulares, fazendo com que a cidade apresente um tráfego pesado com falta de vazão, acompanhado de um sistema de transporte coletivo insuficiente.

O transporte público de Montes Claros se tornou um desafio para os administradores e para seus usuários. De acordo com Souza Junior (2015), a cidade de Montes Claros possui atualmente em seu sistema de Transporte Coletivo predominantemente de linhas diametrais um total de 20 linhas de ônibus, que saem de um dado ponto/região da cidade em direção a outro diametralmente oposto, sendo que todos passam pela região central da cidade.

Dados atualizados da Prefeitura de Montes Claros/MG (2013) demonstram, porém, que são 36 linhas operantes e 96 veículos. A cidade apresenta como infraestrutura para melhoria do serviço de transporte público apenas as baias de parada em alguns pontos de ônibus, conforme

mostram as figuras 05 e 06.

Figura 05 - Baia de ônibus/ local de embarque e desembarque – Praça Coronel Ribeiro, situada à Rua Camilo Prates, Centro, Montes Claros/MG.



Fonte: Acervo do autor (2017).

Figura 06 - Baia de ônibus/ local de embarque e desembarque – Praça Doutor Carlos Versiani, Centro, Montes Claros/MG.



Fonte: Acervo do autor (2017).

O serviço de transporte público no município é realizado por contratação e é executado por duas empresas prestadoras de serviço: a TRANSMOC e a Auto Lotação Princesa do Norte LTDA, conhecida como Alprino.

Embora na cidade também seja utilizado o método de pagamento da tarifa durante o deslocamento, ambas as empresas já trabalham também com bilhetagem eletrônica. O saldo restante, informações do usuário e armazenamento de crédito são opções trazidas por esses bilhetes eletrônicos a fim de tornar mais eficiente o transporte público na cidade.

2.5 Simulação computacional

De acordo com Pegden (1991) *apud* Freitas Filho (2008), a simulação se trata de um processo que projeta um modelo computacional de um sistema real e conduz experimentos com este modelo visando entender seu comportamento ou avaliar estratégias para sua operação.

Sobre a aceitação da simulação e seu emprego, Freitas Filho (2008) afirma que vem sendo utilizada por administradores, engenheiros, biólogos, analistas de sistemas, dentre outros profissionais, como uma técnica que permite aos analistas de diferentes segmentos verificarem ou encaminharem soluções, com análises mais profundas desejadas, para os problemas com os quais lidam no cotidiano.

Gavira (2003, p. 57)¹² diz que o uso da simulação pode servir como ferramenta preventiva que possibilita avaliar inúmeras situações que a empresa ou quem a realiza poderá enfrentar, fornecendo uma visão mais ampla do problema antes da tomada de decisão e possibilitando um estudo deste problema sem a necessidade de gastos com modificações físicas em infraestruturas, pessoal e equipamentos, diminuindo assim o risco de falhas.

Para análise do sistema de tráfego utiliza-se modelos de simulação para estudar o comportamento dos veículos dentro de uma cidade, numa via ou num cruzamento, a fim de avaliar a causa e efeito para se pensar em uma proposta de melhoria do tráfego, do serviço de transporte coletivo e, por consequência, a mobilidade urbana. Existem três escalas de classificação para os modelos de simulação para se analisar o fluxo de veículos, quais sejam a macroscópica, a mesoscópica e a microscópica, explica Ayure (2014).

No modelo macroscópico, de acordo com Ayure (2014, p. 61-62), a individualidade do veículo não é levada em consideração, mas sim todo o seu fluxo dentro do sistema, quando se

¹² Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-20052003-004345/pt-br.php> Acesso em: 19/09/2017.

desloca pelas vias da rede. São considerados comportamentos e atividades agregadas e esse modelo de simulação geralmente é usado para áreas extensas como as cidades, em face da complexidade de alta demanda da rede.

O referido modelo desconsidera a escala microscópica do tráfego em analogia às velocidades individuais dos veículos ou termos individuais do sistema, a exemplo de ligações ou interseções.

O modelo mesoscópico, por sua vez, busca estudar uma classe intermediária entre o realismo e o detalhamento. Segundo Ayure (2014, p. 62), é uma abordagem entre as escalas macroscópica e microscópica, retratando um modelo estatístico que represente a realidade com base no nível detalhado do fluxo. Busca-se a representação da realidade em um nível detalhado de redes consideradas extensas. Ayure (2014) ainda diz que tal modelo estuda os valores de velocidade média e o comportamento dos motoristas ao longo do tempo e espaço e para tanto utiliza modelos de distribuição lastreados na probabilidade da velocidade em posições e instantes específicos.

Finalmente, o modelo microscópico, que prima por análises mais detalhadas com extensão e a área de influência reduzida. Cada veículo é levado em consideração de maneira individualizada dentro do sistema. Segundo Ayure (2014, p. 63) a preocupação nesse modelo é com a dinâmica individualizada e detalhada dos veículos, em qualquer instante de tempo ou intervalo, seja da origem da viagem até a saída da rede.

Neste modelo procura-se descrever de maneira matemática as interações entre os veículos e os outros elementos de trânsito, aferindo o tráfego veículo a veículo e suas interações e os veículos são medidos como partículas sem massa, como mencionam Nazareth, Sousa e Ribeiro (2015). Podem ser citados como plataformas de simulação mais utilizadas no estudo desses modelos o INTEGRATION, PARAMICS, NETSIM, DRACULA, INTRAS, FRESIM, MITSIM, NETSIM, CORSIM, VISSIM, THOREAU, FLEXSYT-II e AIMSUM, VISSIM, ARENA.

Assim, estabelecendo-se critérios e seguindo os parâmetros de execução de uma simulação, os dados foram coletados e tratados num *software* chamado Arena. Esse software de simulação, como será visto adiante, é um importante mecanismo de projeção e apuração de resultados e pode ser utilizado na simulação da implantação dos corredores de ônibus objeto deste trabalho.

2.6 Software Arena

O software de simulação “Arena” é um sistema proprietário, desenvolvido e distribuído pela *Rockwell Automation*; é um *software* utilizado para simulação com recursos de modelagem de processos, análise de resultado e estatística, desenho e animação, de acordo com Solon (2012).

Como a maioria dos softwares de simulação, o Arena visualiza o sistema a ser modelado a partir de um conjunto de estações de trabalho que contém vários recursos disponíveis ao uso e prestação de serviços a clientes que se movem através do sistema visando analisar os possíveis resultados.

Para simplificar o processo de construção de modelos, segundo Prado (2010), o Arena faz uso da *Graphical User Interface* (Interface Gráfica para o Usuário). Isso possibilita a automatização do processo e redução da necessidade do teclado, já que o mouse é a ferramenta que será utilizada.

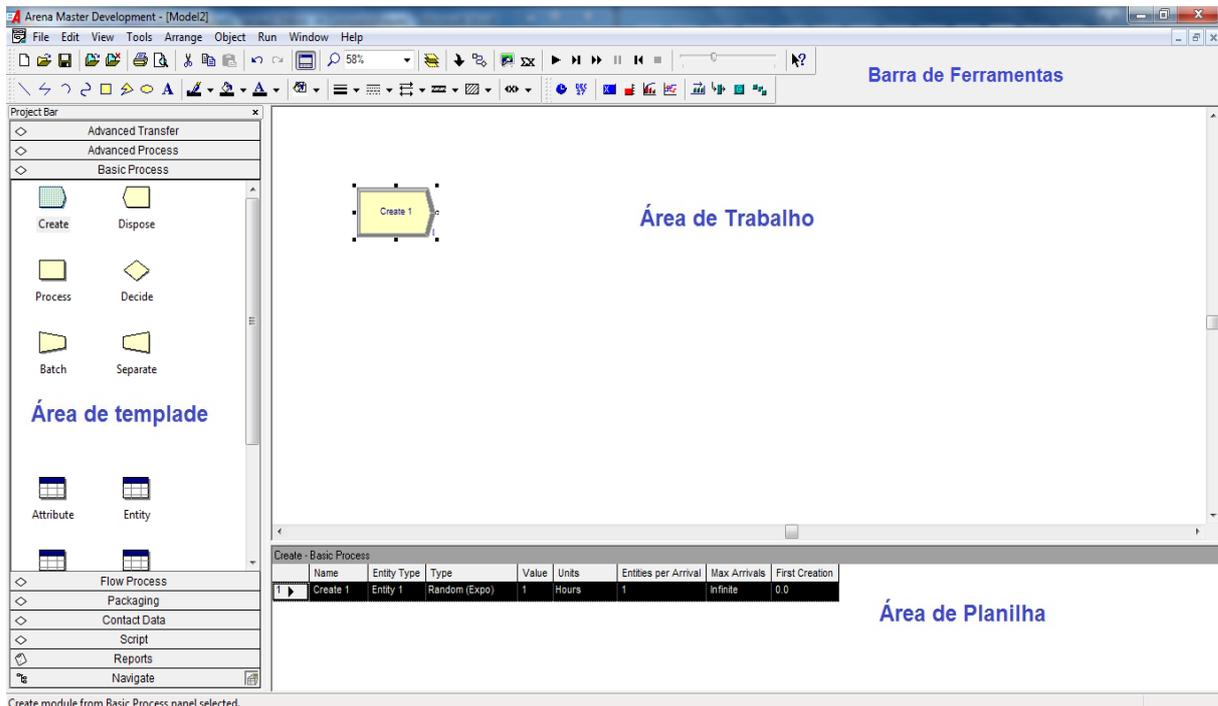
O Arena possui comandos para descrever um sistema real em uma linguagem de simulação. A construção do modelo fica similar à elaboração de um fluxograma do sistema, situação que facilita a construção do modelo computacional. O software Arena tem sido bastante utilizado para simulação, inclusive para o tráfego nas ruas das cidades, explica Correia (2012). A Figura 07 apresenta a tela inicial do software Arena 14.0.

Segundo Prado (2010), a área de *templade* é feita pelo conjunto de módulos que auxilia na construção do modelo lógico (Fluxograma). Para a construção de fluxogramas basta clicar no módulo desejado e arrastá-lo para a área de trabalho, que é utilizada para a construção de fluxogramas e de animação.

Assim que um módulo é arrastado para a área de trabalho ou mesmo quando se clica em um módulo já existente, a área da planilha mostra a configuração que contém no bloco selecionado, e também podendo ser feitas alterações com um duplo clique.

A barra de ferramentas possui as funções mais essenciais para efetuar e controlar uma modelagem no Arena, tais como os botões *go*, *step*, *pauser* e *stop*, que são utilizados para controlar o fluxo da simulação, bem como o botão *connect*, que é utilizado para conectar os módulos, como diz Prado (2010).

Figura 07: Tela inicial do Arena versão 14.0



Fonte: Acervo do Autor (2017).

Para criar um modelo de simulação no Arena, em um primeiro momento é necessário a construção de um fluxograma de dados, sendo este construído através dos módulos, estações de trabalho e opções de fluxo que este software de simulação oferece.

Neste trabalho será utilizada a versão 14.0 do software Arena, que possui um ambiente de trabalho muito simples, sendo toda a sua interação feita com o mouse. Maiores informações sobre a utilização do Arena podem ser obtidas em Prado (2010).

3 METODOLOGIA PROPOSTA

3.1 Caracterização da pesquisa

O presente trabalho foi estabelecido com o intuito de utilizar um simulador para analisar a viabilidade de implantação de corredores de ônibus na cidade de Montes Claros/MG, de modo que duas ruas foram utilizadas como objeto de análise: a Rua Doutor Santos e a Rua Camilo Prates, que são chamadas aqui neste trabalho de corredor Camilo Prates e corredor Doutor Santos. Essas são duas das principais ruas do centro da cidade, onde ocorre grande movimentação de veículos de transporte público.

O estudo em questão apresenta caráter descritivo, dissertativo e análises qualitativa e quantitativa. A abordagem da pesquisa será quantitativa, pois trabalhará com valores apurados em pesquisa de campo com o intuito de verificar o fluxo de tráfego de veículos destinados ao transporte coletivo, custos e métodos potenciais de redução do tempo de tráfego, além de valores numéricos relacionados à implantação de corredores de ônibus na cidade de Montes Claros/MG.

A pesquisa de campo, segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 59)¹³ tem o objetivo de conseguir informações para a solução de problemas, objetivando uma resposta. Este tipo de análise requer antes de tudo a realização de uma pesquisa bibliográfica sobre o tema proposto, que servirá para saber em que estado se encontra atualmente o problema, os trabalhos já realizados a respeito e quais são as opiniões reinantes sobre o assunto.

Desta forma, em princípio foi realizada uma revisão bibliográfica a fim de fundamentar o tema proposto. Tal pesquisa, do ponto de vista de Gil (2008), tem como objetivo possibilitar maior familiaridade com o problema em pesquisa para torná-lo mais explícito. Foi realizada também uma análise quantitativa dos dados numéricos obtidos através de pesquisas de campo voltadas para o transporte público local.

Os dados qualitativos são “baseados na presença ou ausência de alguma qualidade ou característica”, segundo Marconi e Lakatos (1999, p.142). Para tanto, foram abordados conceitos e análises atinentes à ideia de mobilidade urbana e métodos para potencializar o

¹³ Disponível em <http://www.faatensino.com.br/wp-content/uploads/2014/11/2.1-E-book-Methodologia-do-Trabalho-Cientifico-2.pdf> Acesso em: 01/10/2016.

serviço de transporte público local e tornar o tráfego de ônibus do transporte coletivo mais eficiente com análises computacionais.

A partir dos objetivos deste estudo, esta pesquisa pode ser classificada como descritiva, pois busca registrar, analisar e correlacionar fatos e fenômenos, contudo sem manipulá-los, conforme explicam Cervo, Bervian e Silva (2007). O caráter comparativo da pesquisa reside no fato do estudo possibilitar a comparação de simulações entre alguns cenários tendo como objeto de análise o tráfego de ônibus do transporte público local e a implantação de corredores sob simulação computacional prévia para melhoria do serviço.

O desenvolvimento da pesquisa proposta se dará a partir do método dedutivo de abordagem. Partindo de cada objetivo específico, será possível caracterizar a implantação de corredor de ônibus na cidade de Montes Claros/MG, analisar os parâmetros de desempenho em corredores mistos e exclusivos e simular a implantação utilizando um software de simulação a fim de antever os benefícios da infraestrutura para, desta forma, avaliar se a transformação de uma via de tráfego misto em corredor exclusivo de ônibus é viável em Montes Claros/MG.

As simulações foram implementadas em um “Notebook Dell Vostro V14T-5470-A20, processador intel core i5, memória RAM de 4GB, frequência de 2.40 GHz e 500GB de HD” com sistema operacional Windows 7 de 64 bits.

3.2 Coleta de dados

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi necessário o levantamento de alguns dados pertinentes à pesquisa para demonstrar a viabilidade da implantação de corredores exclusivos de ônibus no centro da cidade de Montes Claros/MG. Os dados foram coletados conforme os questionamentos sobre o trabalho surgiam e se acumulavam, de modo que os dados foram obtidos em diferentes datas.

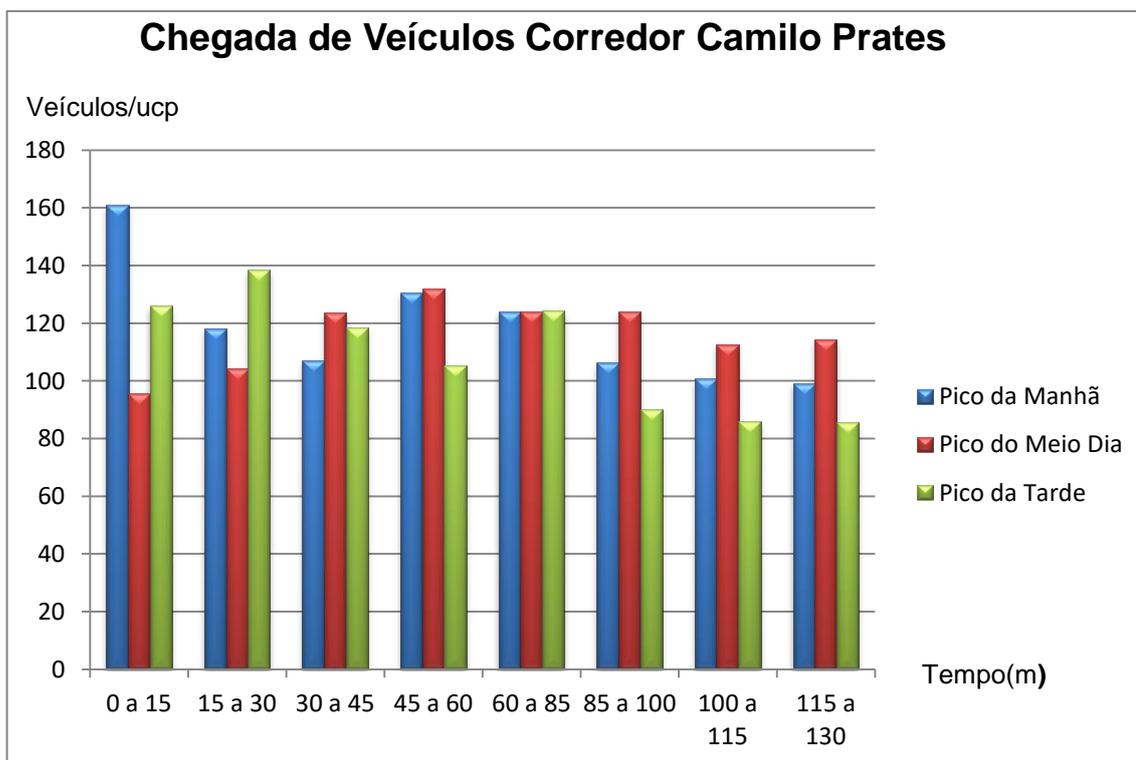
Tendo em vista a necessidade de alguns dados distintos, foram feitas 04 tipos de coletas: coleta de dados volumétricos de veículos, coleta dos tempos de todos os semáforos dos corredores, coleta de dados para descobrir o fluxo de saturação e a capacidade dos sinais e coleta dos tempos de embarque e desembarque.

Os tempos de semáforo foram coletados no mesmo local e dia da coleta de dados volumétricos (vide Apêndice II). Para a simulação dos corredores mistos, foram utilizados os tempos reais coletados neste dia. Já para as simulações dos corredores exclusivos, os tempos de semáforo foram reduzidos em 17%, conforme estudos de Solon (2012). Abaixo segue os detalhes de cada coleta.

3.2.1 Dados volumétricos de veículos

As coletas de dados volumétricos para este trabalho foram realizadas nos dias 01/09/2016 no corredor Doutor Santos e no dia 02/09/2016 no corredor Camilo Prates. Os gráficos 05 e 06 mostram o volume de veículos que chegam nos corredores, sendo esses volumes mostrados a cada 15 minutos.

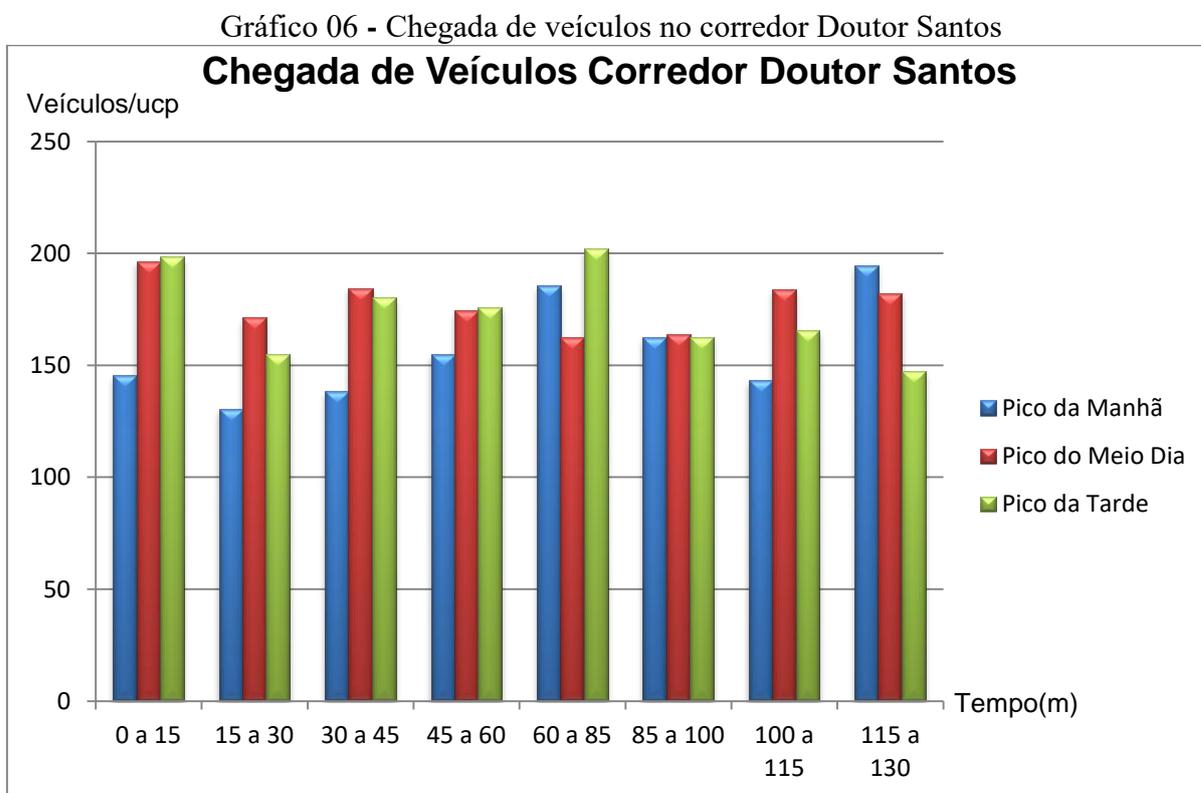
Gráfico 05 - Chegada de veículos no corredor Camilo Prates



Fonte: Acervo do autor (2017)

De acordo com Sardinha e França (2010) o congestionamento na área central de Montes Claros ocorre principalmente entre os horários de 7h00 e 8h00, 13h00 e 14h00 e

18h00 e 19h00, em função do horário de pico, concentrando mais pessoas retornando ou iniciando suas obrigações diárias.



Fonte: Acervo do autor (2017).

Os dados foram coletados nos horários de pico de 07h00 às 09h00 da manhã, de 12h00 às 14h00 da tarde, e das 17h00 da tarde às 19h00 da noite para ambos os corredores, devido ao fato de o maior fluxo de veículos ocorrer nesses intervalos e horários específicos, como pode ser observado nos gráficos 06 e 07.

A coleta de dados foi realizada por 6 pesquisadores na Rua Doutor Santos e 5 na Rua Camilo Prates, ambas no Centro. O número maior de pesquisadores na Rua Doutor Santos ocorre porque possui uma interseção a mais que a Rua Camilo Prates.

Os pesquisadores ficaram localizados individualmente nas interseções de cada rua para realizar a contagem de veículos, como indica a Figura 08. As posições para registro da coleta foram chamadas de pontos de coleta P1, P2, P3, P4, P5 e P6 (Figura 08). Em cada ponto foi esquematizado o tipo de movimento (vide Quadro 01) que foram feitos para a contagem de veículos, isto conforme as regras de trânsito no local, considerando que a maioria dos pontos de coleta possui os movimentos M1, M2 e M3.

Figura 08: Pontos de observação dos pesquisadores para registro de veículos de acordo com os movimentos realizados (M0, M1, M2 e M3).



Fonte: MCTRANS (2012). Adaptada pelo autor.

A contagem dos veículos foi registrada de acordo com as tabelas Tipo I e Tipo 2 (vide Apêndice I). Os dados coletados foram transformados em UCP (Unidades de carros de passeio) que consiste em converter ônibus, caminhões, motocicletas e demais veículos em unidades de carros de passeio (vide tabela 01).

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2006, p. 64) “o volume de tráfego inclui todos os veículos que circulam pela via em um só sentido ou em ambos, ou ainda, os que circulam por uma só faixa.” Ainda de acordo com o DNIT (2006, p. 64), “se os veículos componentes daquela soma forem convertidos em números equivalentes de carros de passeio, o volume será então expresso em “*Unidades de Carro de Passeio*”, abreviado por UCP”.

A tabela 01 demonstra a equivalência dos demais veículos em carros de passeio. Esta conversão é necessária para representar fielmente o número equivalente de carros de passeio que exerce os mesmos efeitos do veículo referido na capacidade da via.

Tabela 01 - Equivalência em carros de passeio

Carros de Passeio	Caminhões	Ônibus	Motocicletas	Bicicletas	Taxis e Vans
1	2,3	2	0,4	0,2	1

Fonte: Tabela de equivalência em carros de passeio do Manual de estudos do tráfego (DNIT, 2006). Adaptado pelo autor.

Os veículos que transitavam em ambos os corredores foram classificados de acordo com a sua origem (entrada na via) e destino (saída da via). Os movimentos foram definidos de acordo com o que consta no Quadro 01:

Quadro 01 - Descrição dos tipos de movimentos observados na pesquisa:

Tipos de Movimento	Descrição dos movimentos
Movimento M0	Representado pela quantidade de veículos que entram no ponto inicial dos corredores das ruas Camilo Prates e Doutor Santos.
Movimento M1	Faz referência aos veículos que saem dos corredores em análise e entram nas ruas que fazem interseção com os corredores.
Movimento M2	Representado pelos veículos que saem das ruas perpendiculares aos corredores e adentram os mesmos.
Movimento M3	Obtido a partir do total de veículos que transitam no corredor no momento (movimento M0 ou movimento M3) menos a quantidade de veículos que saem do corredor e entram nas ruas perpendiculares (movimento M1) mais os veículos que saem das ruas perpendiculares e entram no corredor (movimento M2).

Fonte: Acervo do autor (2017)

Como manda o Manual de estudos do tráfego elaborado pelo DNIT (2006), as tabelas foram trocadas a cada 15 minutos dentro do horário específico da coleta, de maneira que a pesquisa fosse capaz de determinar as variações no volume de veículos dentro do próprio horário de pico no qual foram feitas as contagens.

Sendo os veículos eram contados de acordo com o movimento que seguiam e conforme a sua categoria: moto, carro, ônibus, táxi, caminhão, van e bicicleta. Após a coleta, os dados foram tabelados e transformados em UCP.

Nas simulações referentes aos corredores mistos foram utilizados os dados coletados de todos os veículos. Já para as simulações dos corredores exclusivos, foram utilizados somente os números de ônibus e vans coletados.

3.2.2 Fluxo de saturação e capacidade

Para a coleta destes dados, foi utilizado o mesmo número de pesquisadores que participaram na coleta de dados volumétricos e também utilizadas as mesmas posições, conforme mostra a Figura 08. Esta coleta foi feita no dia 25/04/2017 no horário de pico da manhã, de 07h00 as 09h00, e compreendeu em 15 ciclos de tempos de verde, vermelho e amarelo para cada semáforo. Pelo fato de ser uma coleta mais rápida em relação à coleta de dados volumétricos de veículos, todos os dados foram coletados neste dia e horário.

Após os dados serem coletados foram seguidos todos os procedimentos estabelecidos no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, elaborado pelo CONTRAN (2014), apêndice 6, método 1, detalhado na subseção 2.3.2.

Feitos todos os cálculos, como manda o manual supracitado, foi utilizada a fórmula (4), em que os dados foram divididos por 3.600, que é equivalente a 1 hora em segundos e multiplicados pelos tempos de verde efetivo de cada semáforo, obtendo-se assim a capacidade de veículos por tempos exatos de verde efetivo, e não em veículos por hora.

$$Cap_{tv,efet} = \frac{Cap}{3.600} \times t_{v,efet} \quad (4)$$

Em que,

$Cap_{tv,efet}$ - capacidade, em veículos por tempo de verde efetivo ou ucp/tempo de verde efetivo;

Cap - capacidade, em veículos por hora ou ucp/h;

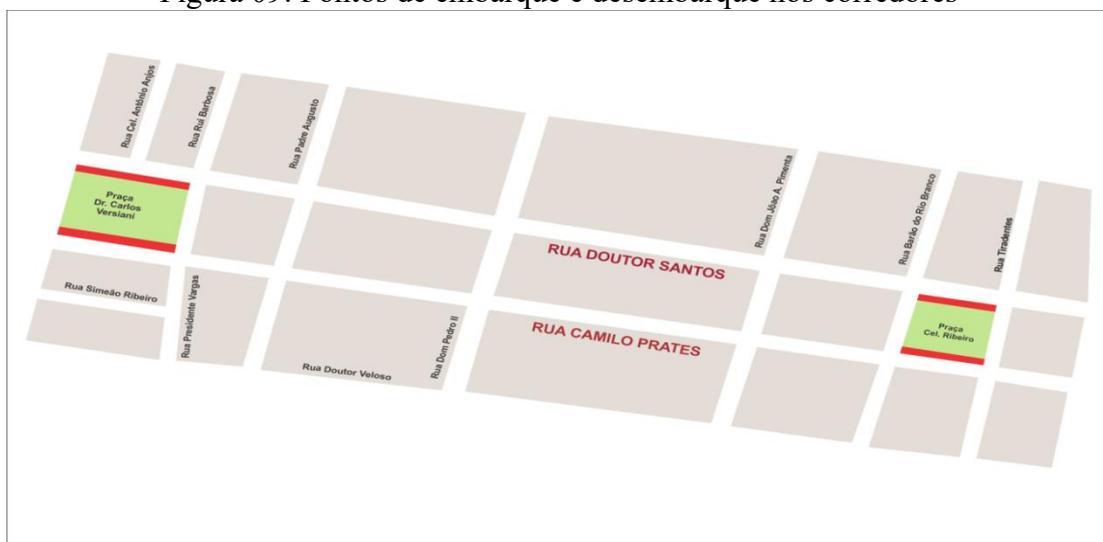
$t_{v,efet}$ - tempo de verde efetivo, em segundos.

Após utilização da fórmula 4 foi possível obter a capacidade correta de cada semáforo para calibrar as simulações.

3.2.3 Tempo de embarque e desembarque

O embarque e desembarque de passageiros nos corredores em estudo ocorre em grande escala nas praças Doutor Carlos Versiani e Coronel Ribeiro. Há dois pontos de embarque e desembarque para cada corredor, como pode ser visto nos traços em vermelho na Figura 09.

Figura 09: Pontos de embarque e desembarque nos corredores



Fonte: MCTRANS (2012). Adaptado pelo autor.

A coleta de dados de tempos de embarque e desembarque de pessoas nos pontos de ônibus foi realizada no dia 04/08/2017, no pico da tarde, nos quatro pontos de embarque e desembarque.

Conforme mostra a Tabela 02, foram coletadas 10 amostras dos tempos em que os ônibus levam para o embarque e desembarque de passageiros, já incluindo o tempo morto e, ao final, foi tirada a média desses tempos. Analisando a Tabela em questão, percebe-se que algumas linhas de ônibus tiveram tempos acima do normal para o embarque e desembarque de passageiros, citando como exemplo o que acontece nas linhas 1701 e 6202.

Conforme observação *in loco*, quando os ônibus chegam ao estado de superlotação a entrada de novos passageiros é induzida, fazendo com que o tempo de embarque e desembarque seja elevado.

Tabela 02 - Coleta de dados embarque/desembarque

Ponto A				PontoB			
Praça Coronel Ribeiro				Praça Coronel Ribeiro			
Rua Camilo Prates				Rua Doutor Santos			
Horário: 17h12				Horário: 17:33			
Nº		Nº	Tempo(s)	Nº		Nº	Tempo(s)
Amostra	Linha	Portas		Amostra	Linha	Portas	
1	3301	2	57	1	1702	3	28
2	4601	3	54	2	3303	2	17
3	2604	2	21	3	1701	2	29
4	2601	2	78	4	6201R	2	20
5	3303	3	24	5	2603	2	68
6	4603	2	95	6	4602	2	11
7	4601	3	17	7	5801	3	24
8	3301	2	38	8	2601	2	62
9	2602	2	25	9	6202	2	45
10	7101	2	44	10	2603	2	61
Média de Tempo			45,3	Média de tempo			36,5

PontoA				Ponto B			
Praça Doutor Carlos Versiani				Praça Doutor Carlos Versiani			
Rua Doutor Santos				Rua Camilo Prates			
Horário: 17:58				Horário: 18:22			
Nº		Nº	Tempo(s)	Nº		Nº	Tempo(s)
Amostra	Linha	Portas		Amostra	Linha	Portas	
1	1701	2	136	1	6404	2	97
2	4601	3	103	2	1702	3	143
3	5801	3	78	3	1701	2	323
4	6202	2	260	4	7103	3	166
5	2601	2	144	5	2203	2	101
6	1702	3	135	6	1601	3	64
7	2601	2	113	7	4603	2	152
8	5901	2	72	8	2604	2	124
9	4601	3	78	9	2603	2	101
10	6404A	2	81	10	1601	3	73
Média de Tempo			120	Média de Tempo			134,4

Fonte: Acervo do autor (2017)

Nas simulações referentes aos corredores mistos foram utilizadas as médias de tempo reais conforme Tabela 02. Devido aos altos valores encontrados para os pontos de parada existentes nestes corredores e também os tempos de embarque e desembarque coletados já

incluírem o tempo morto, para os corredores exclusivos foi seguido o tempo estudado pelo Ministério das Cidades (2008) que diz que o tempo total de parada do ônibus gira em torno de 60 segundos, incluindo o tempo morto.

3.3 Caracterização e simulação dos corredores

Os corredores Camilo Prates e Doutor Santos contemplam um dos maiores fluxos do transporte público na cidade de Montes Claros/MG, servindo como via de acesso para um grande número de linhas de ônibus e fazem ligações com os diversos bairros da cidade. Esses fatores contribuíram para a escolha de realizar o estudo nesses corredores, juntamente com a facilidade de coletar os dados, devido ao corredor não ser muito extenso, pois corredores extensos demandam muito pessoal para a realização de coletas, recurso não acessível para este estudo.

Se a finalidade da implantação dos corredores é garantir a mobilidade urbana dos usuários para toda a cidade, pensar nesses corredores como vias de acesso principal é fundamental. Como os dois corredores em estudo são paralelos, as ruas que cortam os corredores são praticamente as mesmas, como mostra o Quadro 02.

A rua Doutor Santos possui uma interseção a mais, que é com a rua Coronel Antônio dos Anjos, situada no início do trecho. Vale ressaltar que a rua Governador Valadares inicia o trecho em estudo do corredor Doutor Santos e finaliza o trecho no corredor Camilo Prates (vide figura 09); e a rua Tiradentes, o inverso. As intercessões com as ruas Coronel Antônio dos Anjos e Padre Augusto são as únicas que não possuem sinalização semafórica.

Quadro 02 - Interseção das ruas Doutor Santos e Camilo Prates.

Rua	Faz Interseção à	
	Doutor Santos	Camilo Prates
Governador Valadares	X	X
Coronel Antônio dos Anjos	X	
Rui Barbosa	X	X
Padre Augusto	X	X
Dom Pedro II	X	X
Dom João Alves Pimenta	X	X
Barão do Rio Branco	X	X
Tiradentes	X	X

Fonte: Acervo do autor (2017).

Os modelos de simulação aqui apresentados são do tipo microscópicos, pois conforme diz Ayure (2014) esse modelo procura apresentar da maneira mais detalhada o comportamento das entidades, neste caso os veículos.

O percurso a ser feito pelos veículos é sempre em sentido único, havendo paradas nos sinais para todos os veículos e para o caso dos ônibus inclui-se a parada para embarque e desembarque de passageiros.

Para um melhor estudo das duas vias foram feitos 12 cenários de simulação, 06 cenários para cada corredor, simulando os picos da manhã, meio dia e tarde, das vias como corredor misto, onde trafegam vários tipos de veículos e com a implantação do corredor exclusivo, onde só trafegaria ônibus. Sendo que para cada cenário foram feitas simulações de 7.200 segundos, ou seja, 2 horas, para assim simular o tempo exato de cada horário de pico, sendo os resultados obtidos em segundos.

3.3.1 Corredor Camilo Prates

Esse trecho tem em sua extensão 550 metros de comprimento, com duas faixas para veículos e 06 interseções, sendo que em 05 interseções há sinalização semafórica. Possui também 02 pontos de embarque e desembarque de ônibus, sendo o primeiro ponto na Praça Coronel Ribeiro e o segundo na Praça Doutor Carlos Versiani. Os veículos fazem o percurso em direção ao Mercado/Praça de Esportes, também localizado na região central. Os cenários de simulação para este corredor são abordados na tabela 03.

Tabela 03 - Cenários de simulação para o corredor Camilo Prates

Cenário	Horário de Pico	Tipo de Corredor
1	Manhã	Misto
2	Meio Dia	Misto
3	Tarde	Misto
4	Manhã	Exclusivo
5	Meio Dia	Exclusivo
6	Tarde	Exclusivo

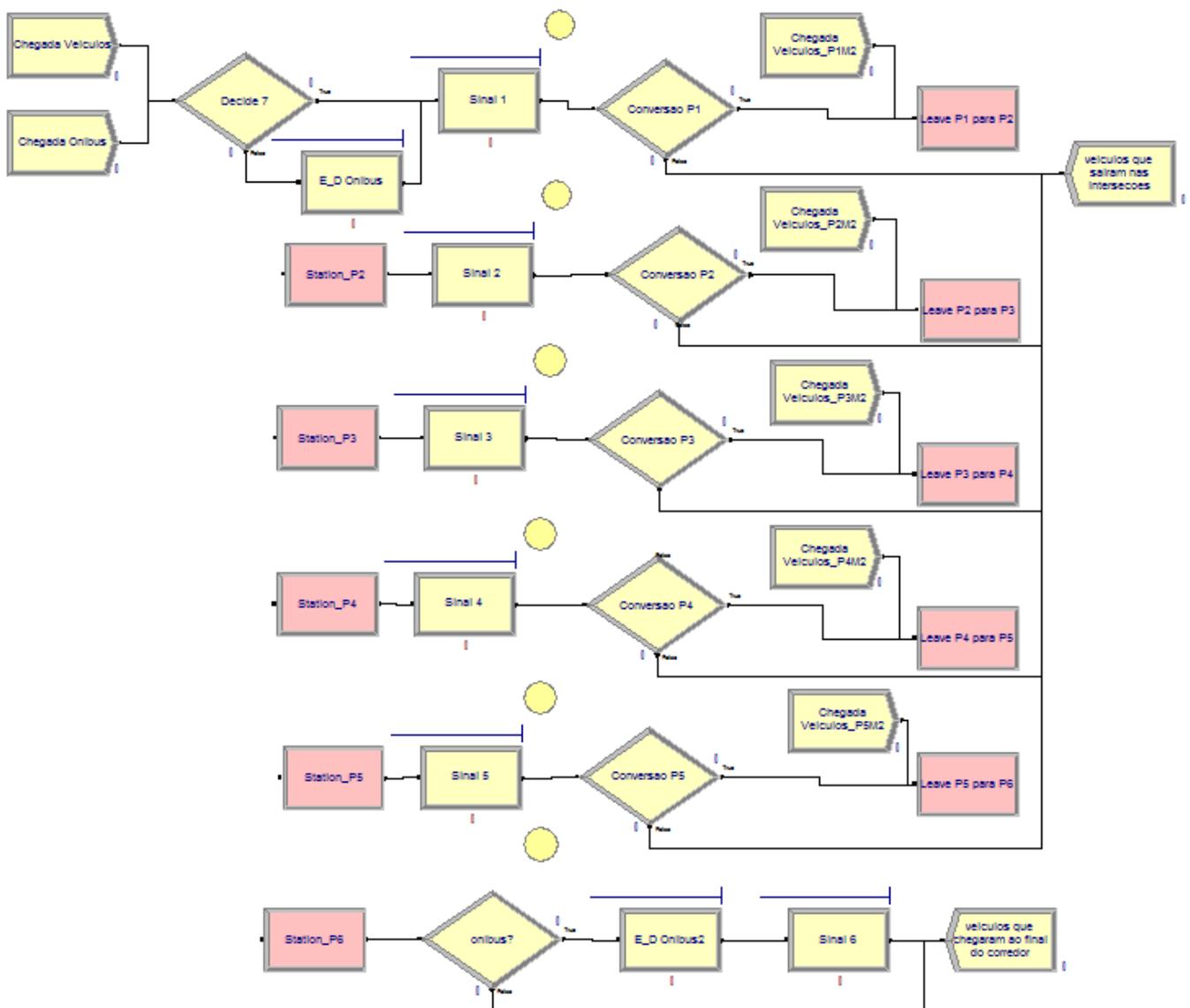
Fonte: Acervo do autor (2017).

É importante salientar que o termo “corredor exclusivo” diz respeito a corredores

exclusivos de ônibus. Para a simulação destes cenários, foi utilizada a ferramenta Arena e em um primeiro momento foi construído o modelo lógico-matemático que representa a dinâmica do sistema em estudo.

É importante salientar que para os cenários 1, 2 e 3, esteticamente, o fluxograma é o mesmo, como mostra a figura 10, pois estes foram criados para simular corredores mistos para a mesma rua, mudando somente os dados de calibração para o fluxograma de cada cenário.

Figura 10: Fluxograma corredor Camilo Prates, tipo misto.



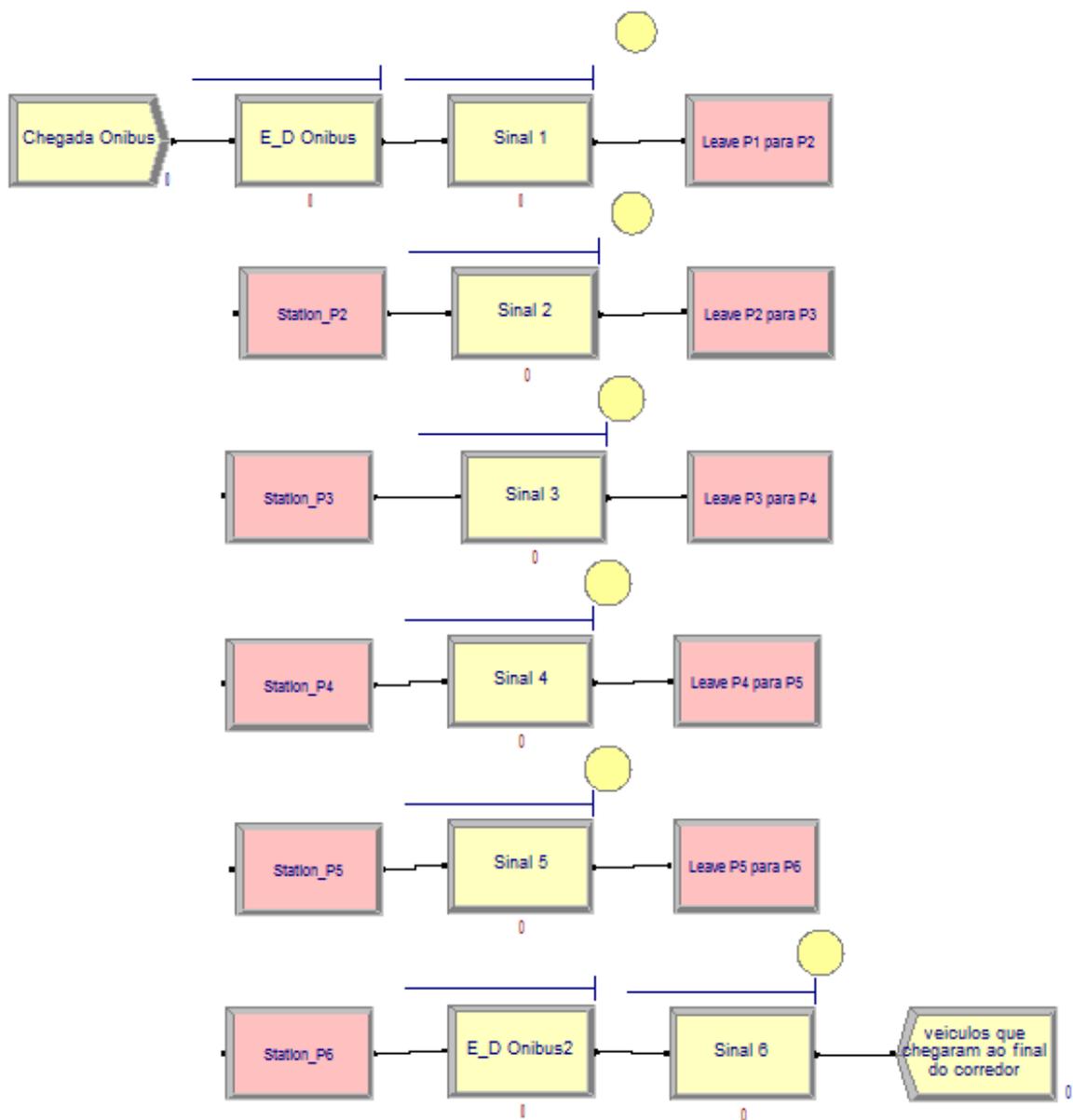
Fonte: Acervo do autor (2017).

O Arena visualiza o sistema a ser modelado com entidades que se movem no sistema

ao longo das estações de trabalho que prestam serviços. Sendo assim, na área de trabalho do Arena foi criado um fluxograma para cada cenário, com as estações de trabalho, opções de fluxos das entidades e os dados para calibração.

O mesmo acontece para os cenários 4, 5 e 6, que possuem esteticamente o mesmo fluxograma de dados conforme mostra a figura 11, já que são fluxogramas criados para simular corredores exclusivos para a mesma rua, modificando apenas as configurações de cada horário de pico.

Figura 11: Fluxograma corredor Camilo Prates, tipo exclusivo.



Fonte: Acervo do autor (2017).

3.3.2 Corredor Doutor Santos

O trecho em estudo do corredor Doutor Santos também possui 550 metros de comprimento, duas faixas para veículos e 07 interseções dentro da área estudada, de modo que em 5 interseções contêm semáforos. Também possui 02 pontos de embarque e desembarque de ônibus, sendo o primeiro ponto na Praça Doutor Carlos Versiani e o segundo na Praça Coronel Ribeiro, como mostra a figura 09. Os veículos fazem o percurso em direção à Prefeitura/Shopping Center. Também foram feitos 06 cenários de simulação para um melhor estudo dessa via, conforme pode ser visto na tabela 04.

Tabela 04 - Cenários de simulação para o corredor Doutor Santos

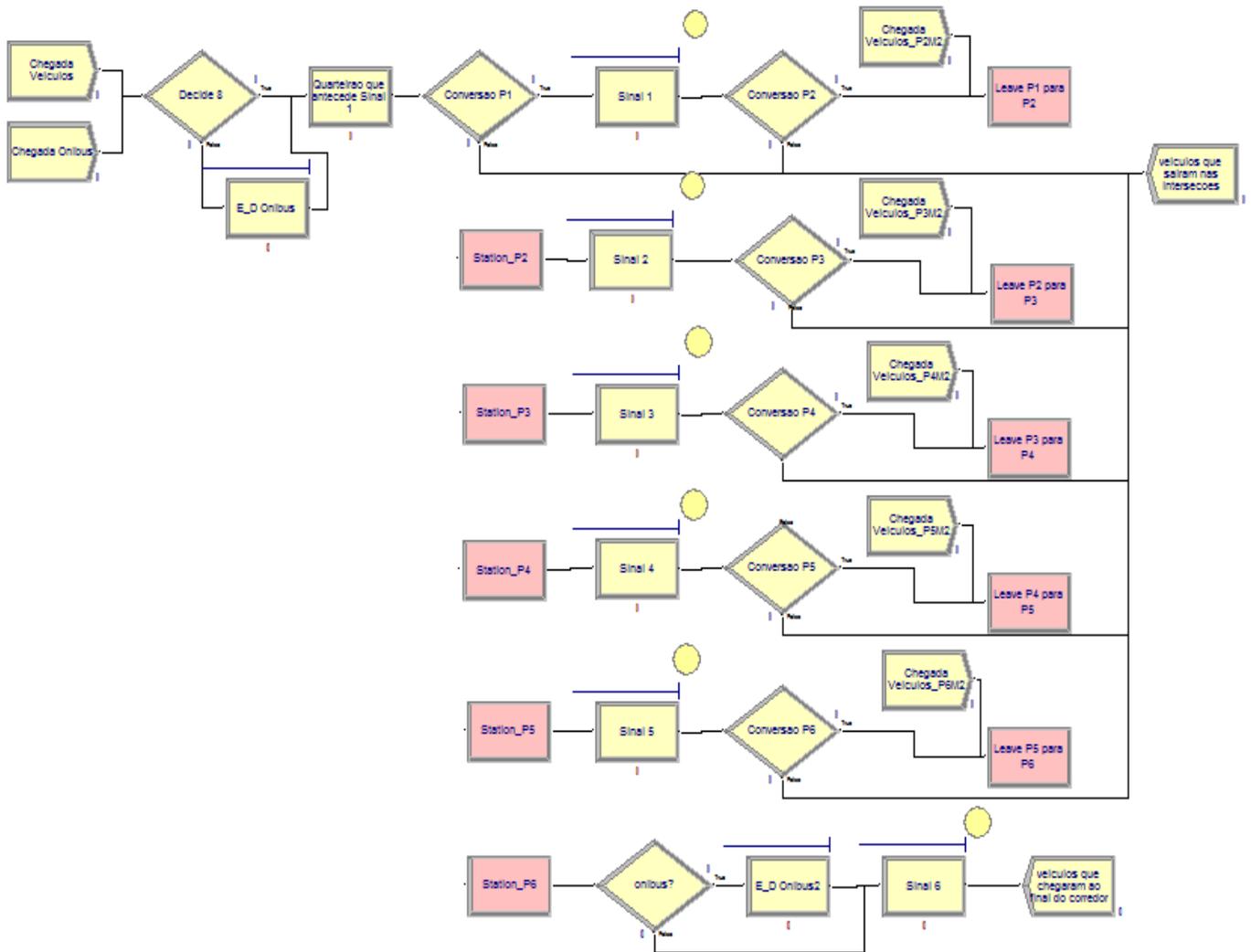
Cenário	Horário de Pico	Tipo de Corredor
7	Manhã	Misto
8	Meio Dia	Misto
9	Tarde	Misto
10	Manhã	Exclusivo
11	Meio Dia	Exclusivo
12	Tarde	Exclusivo

Fonte: Acervo do autor (2017).

Como se vê, são simulados os picos da manhã, meio dia e tarde para a via como corredor misto, onde trafegam vários tipos de veículos e com a implantação do corredor exclusivo de ônibus, onde só trafegaria ônibus. Do mesmo modo que no corredor Camilo Prates é importante salientar que para o corredor Doutor Santos, os cenários 7, 8 e 9 contêm esteticamente, o mesmo fluxograma que é apresentado na figura 12.

Para a implantação de corredores de ônibus exclusivos, neste trabalho, foi vetada a entrada de outros tipos de veículos que não sejam os próprios ônibus. Os fluxogramas dos cenários 10, 11 e 12 tem a mesma estética que os cenários 4, 5 e 6, conforme Figura 11. Isso ocorre em face da desnecessidade de simular a intercessão a mais que o corredor Doutor Santos possui, já que a conversão de veículos que saem desta interseção é vetada.

Figura 12: Fluxograma Corredor Doutor Santos, tipo misto.



Fonte: Acervo do autor (2017).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O desenvolvimento do presente trabalho motivou o levantamento de alguns dados pertinentes, a fim de demonstrar se é viável ou não a implantação de um corredor exclusivo de ônibus na cidade de Montes Claros/MG.

Apurou-se que o embarque e desembarque nos corredores Camilo Prates e Doutor Santos ocorrem unicamente nas praças Coronel Ribeiro e Doutor Carlos Versiani, havendo dois pontos de embarque e desembarque para cada corredor, em cada lado da praça (vide Figura 09). Os tempos de embarque e desembarque coletados *in loco* foram de grande importância para a implementação deste trabalho.

Vale reiterar que autores como Gorni (2010), por exemplo, avalia que o tempo de parada médio para embarque e desembarque leva de 20 a 40 segundos. O Ministério das Cidades (2008), por sua vez, estima que esse tempo gira em torno de 60 segundos, incluindo o tempo morto.

Conforme coleta de dados de embarque e desembarque mostrados na Tabela 02, a Praça Coronel Ribeiro, ponto A, apresentou uma média de tempo de 45,3 segundos, que está dentro do limite estudado pela literatura. Porém, linhas como a 2601 e 4603 apresentaram tempo além do tolerável. No ponto B da mesma praça, a média de tempo de 36,5 segundos também ficou dentro dos limites aceitos, entretanto linhas como a 2603 e 2601 apresentaram tempos além do estimado para esse processo.

Em relação à Praça Doutor Carlos Versiani, ponto A, observa-se que o tempo médio de embarque e desembarque extrapolou excessivamente, apresentando um tempo de 120 segundos para realizar um processo que deveria durar no máximo 60 segundos, ou seja, o dobro de tempo. No ponto B da mesma praça foi constatado um tempo maior ainda em relação ao ponto A, numa média de 134,4 segundos. O mais alarmante é que no caso dos dois pontos, todas as linhas realizaram o processo de embarque e desembarque com tempos acima do tolerável. Algumas, como é o caso da linha 1701 no ponto B, realiza o processo em até 323 segundos.

Assim, pode ser constatado que os tempos de embarque e desembarque nos ônibus de transporte público locais em vias de tráfego comum são potencialmente excedentes aos limites toleráveis para um sistema de tráfego pronto e suficiente para atender a demanda do

município.

Como já comentando, as Ruas Camilo Prates e Doutor Santos, localizadas no centro da cidade, assimilam o maior fluxo do transporte público local e servem de acesso para a maioria das linhas de ônibus. Tais corredores de ônibus em estudo, se implantados, apresentariam grande importância para a cidade porque a massa de trânsito de pessoas por questões de saúde, trabalho, estudos e comércio se localiza no centro da cidade, concentrando também o transporte público que faz conexões com os diversos bairros locais. Por esses motivos esses locais foram escolhidos para este estudo.

Posto isso, a simulação realizada com o auxílio do *software* ARENA contemplou 12 cenários (06 cenários para cada corredor), simulando os picos da manhã, meio dia e tarde das vias como corredores mistos onde trafegam vários tipos de veículo e das vias com a implantação do corredor exclusivo, em que só trafegariam ônibus.

Vale ressaltar que para cada cenário foram feitas simulações de 7200 segundos, ou seja, 2 horas, simulando assim o tempo exato de cada horário de pico, de modo que os resultados foram obtidos em segundos.

Os tópicos a seguir trazem os resultados de todos os cenários nos quais são expostas várias tabelas que fazem o comparativo de tempos entre os Corredores Mistos e Exclusivos de Ônibus, nos picos da manhã, meio dia e tarde.

4.1 Corredor Camilo Prates

4.1.1 Corredor Camilo Prates - pico da manhã

Conforme consta na Tabela 05, a simulação demonstrou que com a implantação do corredor exclusivo de ônibus o tempo de atendimento de veículos ao longo do corredor obteve queda de 39 segundos (-23%), em tempo médio, e 134 segundos a menos (-48%), em tempo máximo, para atendimento.

Tabela 05 - Tempo de atendimento veículos (segundos) ao longo do corredor Camilo Prates – pico da manhã

Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	163	279	124	145
Veículo (ucp)	40	89		

Fonte: Acervo do autor (2017).

A Tabela 06 mostra uma vantagem para o corredor exclusivo em relação ao tempo de espera de veículos ao longo do corredor, que teve queda de 02 (-5%), em tempo médio, e 07 segundos (-5,6%), em tempo máximo no pico da manhã.

Percebe-se que os veículos comuns sempre levam menos tempo que os ônibus para qualquer ação dentro dos corredores analisados, o que constata que o transporte coletivo é prejudicado quando se trata de corredor misto, já que transporta uma quantidade excessivamente maior de pessoas.

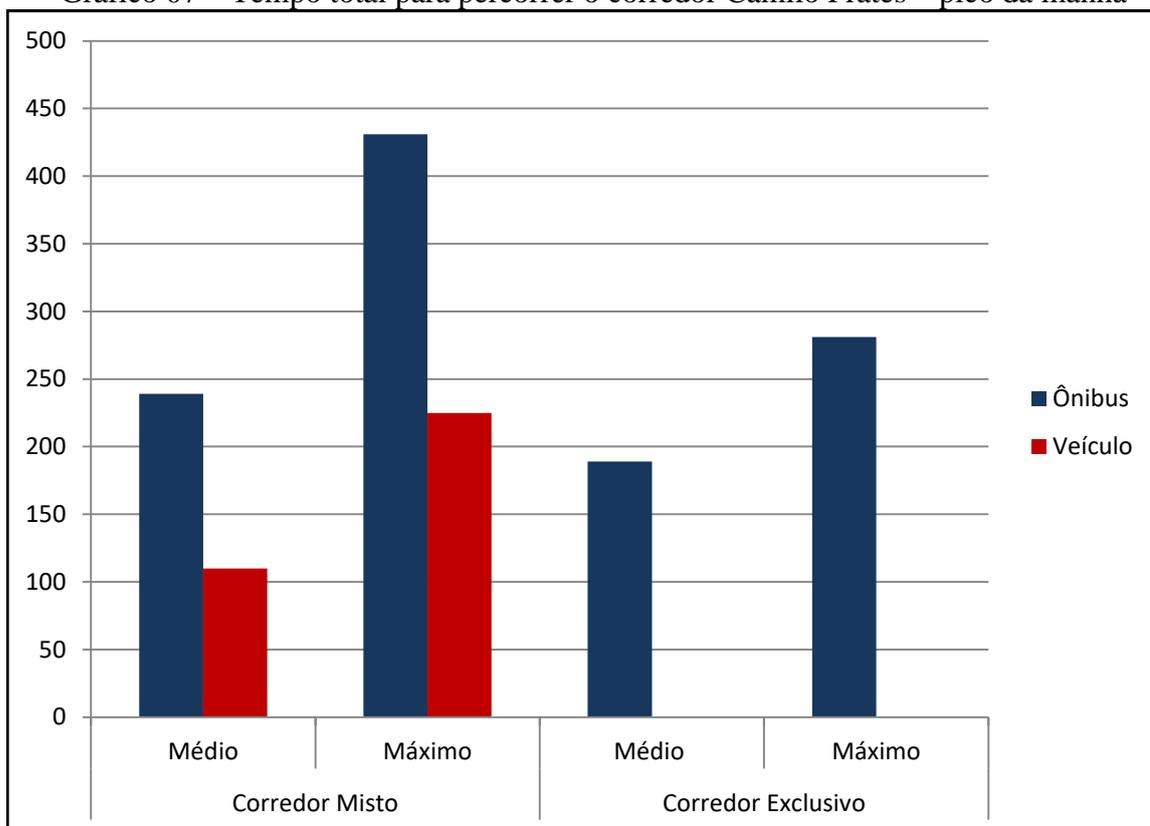
Tabela 06 - Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor Camilo Prates – pico da manhã

Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	38	124	36	117
Veículo (ucp)	32	97		

Fonte: Acervo do autor (2017).

O Gráfico 07 mostra que com a implantação do corredor exclusivo de ônibus tem-se queda de 50 segundos (-21%), em tempo médio, para percorrer todo o corredor, e 150 segundos a menos (-35%), em tempo máximo, para realizar o trajeto.

Gráfico 07 – Tempo total para percorrer o corredor Camilo Prates – pico da manhã



Fonte: Acervo do autor (2017).

Segundo o Ministério das Cidades (2008) o tempo e o acesso no embarque e desembarque tanto podem contribuir na eficiência dos corredores de ônibus implantados, como pode conferir acessibilidade àqueles que utilizam o serviço. Sendo assim podem ser visualizados os seguintes dados obtidos nas Tabelas 08 e 09, que demonstram o ganho de tempo em espera nos pontos de parada e semáforos (Tabela 07) e também a redução do número de veículos nos sinais (Tabela 08).

Tabela 07 – Tempo de espera (segundos) no ponto de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Tempo de espera nos sinais (1, 2, 3...) – corredor Camilo Prates – pico da manhã

Sinal	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ed1	1	27	0	4
Ed2	3	110	2	48
1	9	42	5	23
2	5	28	5	23

3	7	34	6	20
4	8	28	6	23
5	11	42	6	27
6	9	29	6	24

Fonte: Acervo do autor (2017).

Devem ser priorizados recursos para investimentos em projetos para qualificar e aprimorar o sistema de transporte público realizado por ônibus. A proposta de implantação de corredores exclusivos prioriza a circulação dos ônibus nas vias e aumenta a velocidade operacional, reduz o tempo de viagem, otimiza a utilização da frota e diminui os custos de operação, ou seja, oferta maior produtividade aos serviços como se vê nos dados levantados.

Para todo o corredor Camilo Prates, as siglas Ed1 e Ed2 contidas nas tabelas, significam embarque e desembarque 1 e embarque e desembarque 2 respectivamente, referentes aos pontos nas praças Coronel Ribeiro e Doutor Carlos Versiani, respectivamente.

Tabela 08 – Número de Veículos nos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Número de Veículos nos sinais (1, 2, 3...) - corredor Camilo Prates – pico da manhã

Sinal	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
Ed1	4		1	
Ed2	4		4	
1	12		4	
2	10		5	
3	11		5	
4	10		4	
5	14		5	
6	4		4	

Fonte: Acervo do autor (2017).

A Tabela 09 mostra os dados obtidos em relação às taxas de utilização nos pontos de embarque e desembarque e nos semáforos. Percebe-se que houve queda expressiva da

utilização destes recursos.

Tabela 09 – Taxa de utilização dos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Taxa de utilização dos sinais (1, 2, 3...) - corredor Camilo Prates – pico da manhã

Sinal	Corredor Misto	Corredor Exclusivo
Ed1	41%	28%
Ed2	43%	45%
1	54%	39%
2	43%	31%
3	62%	45%
4	41%	26%
5	60%	35%
6	72%	35%

Fonte: Acervo do autor (2017).

4.1.2 Corredor Camilo Prates - pico do meio dia

Conforme consta na Tabela 10, o corredor exclusivo trás vantagens para o ônibus, que teve queda de 22 segundos no tempo de atendimento (-16%) em tempo médio, e 152 segundos a menos (-53%), em tempo máximo.

Tabela 10 - Tempo de atendimento veículos (segundos) ao longo do corredor Camilo Prates – pico do meio dia

Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	135	285	113	133
Veículo (ucp)	42	105		

Fonte: Acervo do autor (2017).

A tabela 11 demonstra que no corredor exclusivo o tempo de espera de veículos teve alta de 13 segundos (+16%) em tempo médio, e 10 segundos a mais (+2%), em tempo máximo de espera, em detrimento do corredor misto.

Tabela 11 – Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor Camilo Prates – pico do meio dia

Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	33	118	46	121
Veículo (ucp)	34	131		

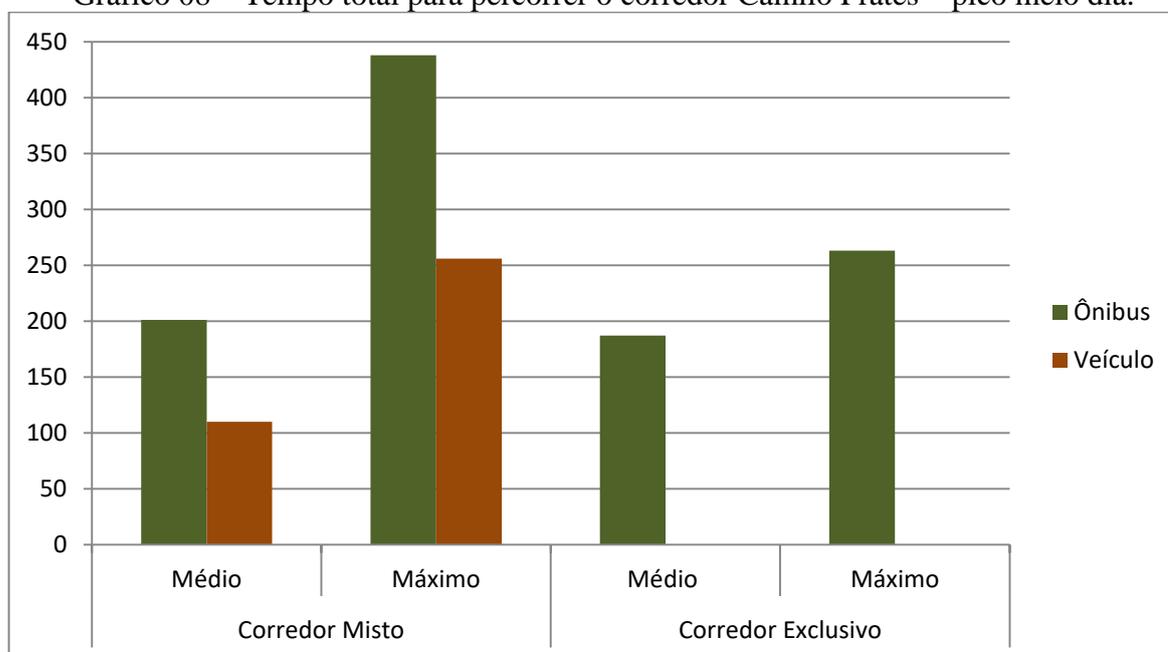
Fonte: Acervo do autor (2017).

Nos resultados demonstrados pelo Gráfico 08, o corredor exclusivo obteve vantagem de 14 segundos (-7%) em tempo médio para percorrer todo o percurso e 175 segundos a menos (-40%), em tempo máximo, para realizar o trajeto.

Tal verificação na redução do tempo pode ser visualizada através dos estudos de Castilho (1997), nos quais diz que a segregação do tráfego é uma medida produtiva para a eficiência do fluxo de veículos.

Os veículos comuns levam em média 256 segundos para percorrer o corredor misto, porém, em detrimento do ônibus estes veículos (ucp) ainda são mais rápidos para percorrer o corredor, o que justifica o estudo sobre implantação de corredores exclusivos já que o transporte público faz a locomoção de mais pessoas por veículo.

Gráfico 08 – Tempo total para percorrer o corredor Camilo Prates – pico meio dia.



Fonte: Acervo do autor (2017).

A Tabela 12 traz os resultados dos tempos de espera nos sinais e nos pontos de Ed

(embarque e desembarque) que se observada, percebe-se que para a maioria dos recursos houve queda dos tempos.

Já a Tabela 13 mostra o número de veículos nos semáforos e nos pontos de Ed. Observa-se que há uma redução do número de veículos na maioria dos casos destes recursos e essa redução é obtida devido ao trânsito de veículos (ucp) comuns serem restringidas nas simulações de corredores exclusivos.

Tabela 12 – Tempo de espera no ponto de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Tempo de espera nos sinais (1, 2, 3...) – corredor Camilo Prates – pico do meio dia

Sinal	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ed1	0	29	5	41
Ed2	0	0	2	42
1	9	56	6	24
2	6	28	5	23
3	7	26	5	20
4	7	28	6	23
5	10	50	9	27
6	8	30	7	24

Fonte: Acervo do autor (2017).

Tabela 13 – Número de Veículos nos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Número de Veículos nos sinais (1, 2, 3...) corredor Camilo Prates – pico do meio dia

Sinal	Corredor Misto	Corredor Exclusivo
	Máximo	Máximo
Ed1	3	3
Ed2	0	2
1	14	2
2	11	3
3	12	3
4	14	3
5	12	3
6	9	2

Fonte: Acervo do autor (2017).

As taxas de utilização dos veículos nos semáforos também obtiveram quedas para este horário de pico, conforme mostra os dados da Tabela 14.

Tabela 14 - Taxa de utilização dos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Taxa de utilização dos sinais (1, 2, 3...) - corredor Camilo Prates – pico do meio dia

Sinal	Corredor Misto	Corredor Exclusivo
Ed1	39%	52%
Ed2	27%	48%
1	56%	32%
2	31%	26%
3	41%	30%
4	28%	21%
5	50%	30%
6	34%	26%

Fonte: Acervo do autor (2017).

4.1.3 Corredor Camilo Prates pico da tarde

A Tabela 15 demonstra que com o corredor exclusivo de ônibus o tempo de atendimento de veículos levou 22 segundos a menos (-16%) em tempo médio e 141 segundos a menos (-51%), em tempo máximo, para atendimento.

Tabela 15 - Tempo de atendimento de veículos (segundos) ao longo do corredor Camilo Prates – pico da tarde

Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	136	274	114	133
Veículo (ucp)	46	105		

Fonte: Acervo do autor (2017).

Conforme consta na Tabela 16, com o corredor exclusivo de ônibus o tempo de espera levou 05 segundos a mais (+17%) em tempo médio de espera ao longo do trajeto e 01 segundo a mais (+1%), em tempo máximo de espera.

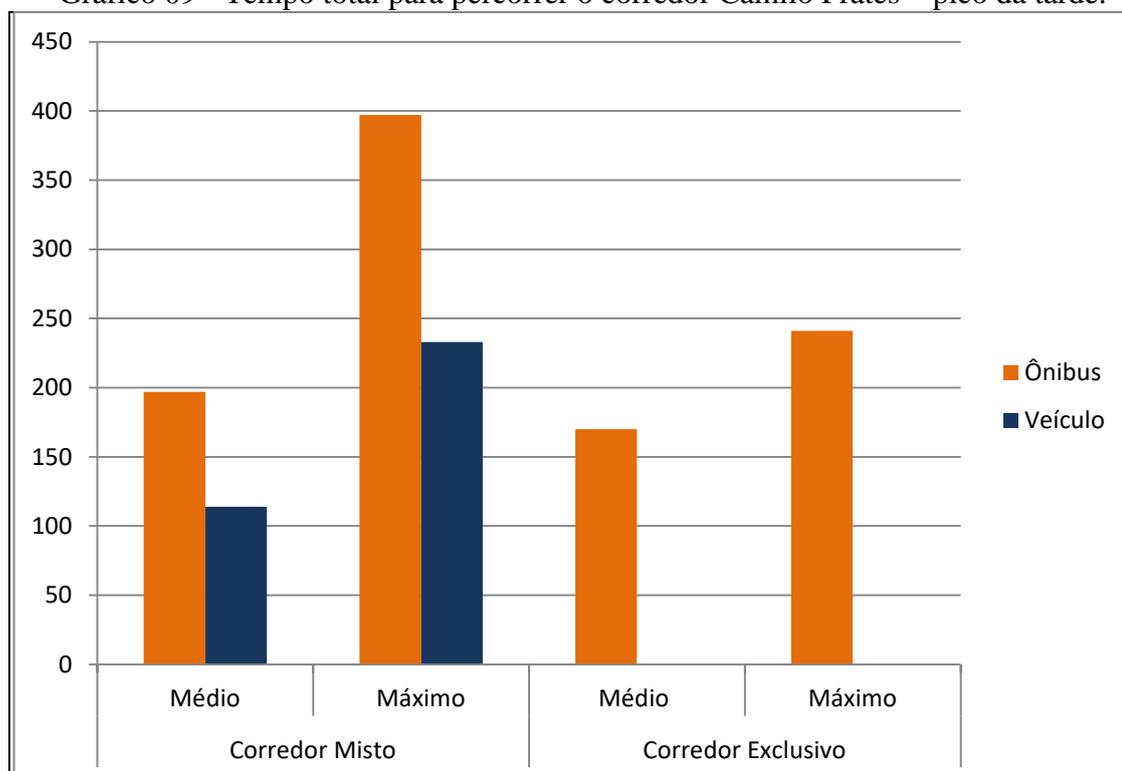
Tabela 16 – Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor Camilo Prates – pico da tarde

Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	29	90	34	91
Veículo (ucp)	31	116		

Fonte: Acervo do autor (2017).

Ainda no período da tarde, conforme consta no Gráfico 09, com a implantação do corredor exclusivo os ônibus levaram 27 segundos a menos (-13%), em tempo médio, para percorrer todo o corredor e 156 segundos a menos (-39%), em tempo máximo. Isso demonstra mais uma vez que, na maioria dos tempos em que o veículo está em ação no corredor exclusivo há quedas significativas de tempo e taxas de utilização, deixando a via mais livre para o bom funcionamento do transporte público coletivo, mostrando-se assim a viabilidade da implantação de corredores exclusivos no corredor Camilo Prates.

Gráfico 09 - Tempo total para percorrer o corredor Camilo Prates – pico da tarde.



Fonte: Acervo do autor (2017).

Castilho (1997) explica que essa redução de tempo e eficiência do serviço obtido com o direito exclusivo de circulação se dá para liberar as vias de tráfego, agilizar o trânsito,

possibilitar maior eficiência no oferecimento do serviço, menor tempo de duração da viagem, menores custos em relação a ampliar as rotas viárias, obtendo-se a inclusão social.

Sabendo que o tempo de espera influenciará no funcionamento e eficiência do corredor exclusivo, conforme orienta o Ministério das Cidades (2008), pode-se visualizar os seguintes resultados obtidos nas Tabelas 17 e 18, os quais demonstram o ganho de tempo de espera com os corredores exclusivos em pontos de Ed, semáforos e redução do número de veículos nos sinais.

Tabela 17 – Tempo de espera no ponto de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Tempo de espera nos sinais (1, 2, 3...) - corredor Camilo Prates – pico da tarde

Sinal	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ed1	0	21	0	7
Ed2	0	50	1	43
1	9	37	6	24
2	6	29	6	23
3	7	25	5	21
4	7	28	6	23
5	8	36	3	27
6	7	30	6	24

Fonte: Acervo do autor (2017).

Tabela 18 – Número de Veículos nos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Número de Veículos nos sinais (1, 2, 3...) - corredor Camilo Prates – pico da tarde

Sinal	Corredor Misto	Corredor Exclusivo
	Máximo	Máximo
Ed1	2	2
Ed2	0	4
1	9	4
2	8	4
3	8	3
4	13	5
5	9	2
6	8	4

Fonte: Acervo do autor (2017).

Castilho (1997) explica que a segregação física do tráfego dá origem aos corredores exclusivos de ônibus cuja principal vantagem é garantir o direito exclusivo de circulação e promover um ambiente de operação como ganho de tempo e organização do tráfego em benefício principalmente dos usuários.

A Tabela 19 mostra a redução do uso dos sinais e dos pontos de Ed praticamente em todos os recursos, o que demonstra a eficiência que o corredor exclusivo de ônibus pode trazer.

Tabela 19 – Taxa de utilização dos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Taxa de utilização dos sinais (1, 2, 3...) - corredor Camilo Prates – pico da tarde

Sinal	Corredor Misto	Corredor Exclusivo
Ed1	37%	20%
Ed2	26%	43%
1	52%	38%
2	37%	29%
3	38%	34%
4	35%	30%
5	49%	38%
6	42%	35%

Fonte: Acervo do autor (2017).

4.2 Corredor Doutor Santos

4.2.1 Corredor Doutor Santos - pico da manhã

Conforme consta na Tabela 20, os resultados demonstram que com o corredor exclusivo de ônibus o tempo de atendimento de veículos ao longo do corredor Doutor Santos obteve queda de 48 segundos (-28%) em tempo médio e 114 segundos a menos (-44%), em tempo máximo, para atendimento no pico da manhã.

Tabela 20 - Tempo de atendimento veículos (segundos) ao longo do corredor Doutor Santos – pico da manhã

Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	169	255	121	141
Veículo (ucp)	41	116		

Fonte: Acervo do autor (2017).

A simulação do corredor Doutor Santos no período da manhã, conforme consta na Tabela 21, demonstrou que com o corredor exclusivo de ônibus o tempo de espera levou 11 segundos a menos (-26%) em tempo médio e 65 segundos a menos (-38%), em tempo máximo de espera.

Tabela 21 – Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor Doutor Santos – pico da manhã

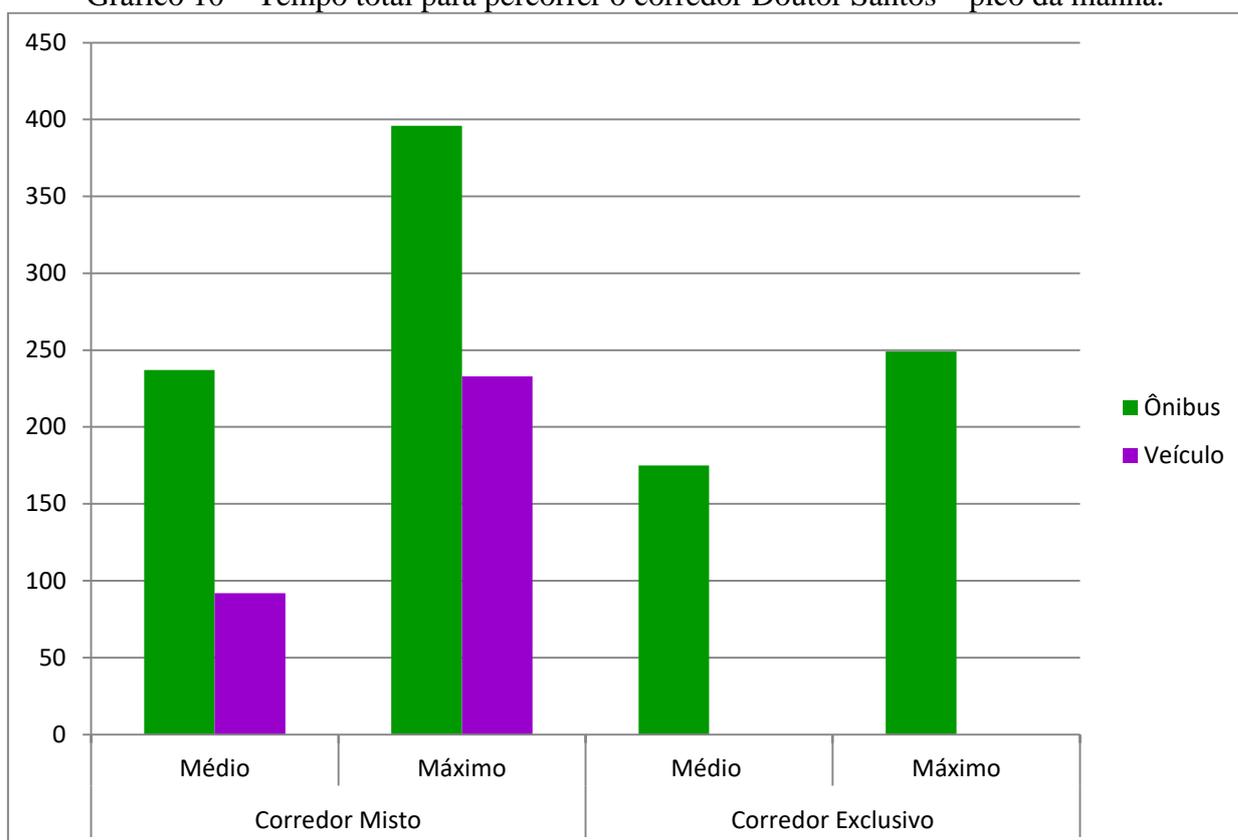
Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	42	170	31	105
Veículo (ucp)	27	123		

Fonte: Acervo do autor (2017).

O Gráfico 10 mostra que com o corredor exclusivo de ônibus levaram-se 62 segundos a menos (-26%), em tempo médio, para percorrer todo o percurso e queda de 147 segundos (-37%), em tempo máximo, para realizar o trajeto.

O tempo de espera em todo o tráfego afetará a eficiência do corredor de ônibus implantado, explica o Ministério das Cidades (2008). Com isso podem ser visualizados os seguintes dados coletados nas Tabelas 22 e 23 e o ganho de tempo de espera com os corredores exclusivos, tempo de espera em sinais e redução do número de veículos nos sinais.

Gráfico 10 – Tempo total para percorrer o corredor Doutor Santos – pico da manhã.



Fonte: Acervo do autor (2017).

Tabela 22 - Tempo de espera no ponto de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Tempo de espera nos sinais(1, 2, 3...) - corredor Doutor Santos – pico da manhã

Sinal	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ed1	20	129	1	40
Ed2	0	0	2	31
1	8	50	4	19
2	7	37	6	21
3	7	24	4	20
4	11	48	7	27
5	3	16	3	13
6	5	22	5	18

Fonte: Acervo do autor (2017).

Tabela 23 - Número de Veículos nos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Número de Veículos nos sinais (1, 2, 3...) corredor Doutor Santos – pico da manhã

Sinal	Corredor Misto	Corredor Exclusivo
	Máximo	Máximo
Ed1	10	6
Ed2	0	3
1	16	6
2	11	5
3	14	5
4	13	6
5	9	5
6	10	4

Fonte: Acervo do autor (2017).

A Tabela 24 traz bons resultados referente às taxas de utilização dos recursos dos corredores. Analisando os resultados deste tópico pode ser observado que o corredor exclusivo se mostra como uma infraestrutura eficaz, capaz de potencializar o serviço de transporte coletivo em relação ao ganho de tempo com o trajeto e atendimento de veículos, custos reduzidos aos passageiros, redução do tempo de viagem, melhoria no deslocamento para os ônibus, capacidade para atender um maior número de usuários e ganho de mobilidade urbana.

Tabela 24 – Taxa de utilização dos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Taxa de utilização dos sinais (1, 2, 3...) - corredor Doutor Santos – pico da manhã

Sinal	Corredor Misto	Corredor Exclusivo
Ed1	63%	35%
Ed2	14%	34%
1	60%	45%
2	49%	32%
3	43%	36%
4	58%	38%
5	34%	27%
6	31%	27%

Fonte: Acervo do autor (2017).

4.2.2 Corredor Doutor Santos - pico do meio dia

A simulação do corredor Doutor Santos no período do meio dia, conforme resultados da Tabela 25, demonstra que o tempo de atendimento levou 65 segundos a menos (-35%), em tempo médio para atendimento e 173 segundos a menos (-55%), em tempo máximo.

Tabela 25 - Tempo de atendimento veículos (segundos) ao longo do corredor Doutor Santos - pico do meio dia

Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	186	315	121	142
Veículo (ucp)	39	117		

Fonte: Acervo do autor (2017).

A Tabela 26 demonstra que com o corredor exclusivo dos ônibus o tempo de espera obteve queda de 37 segundos (-53%), em tempo médio e 141 segundos a menos (-60%), em tempo máximo de espera.

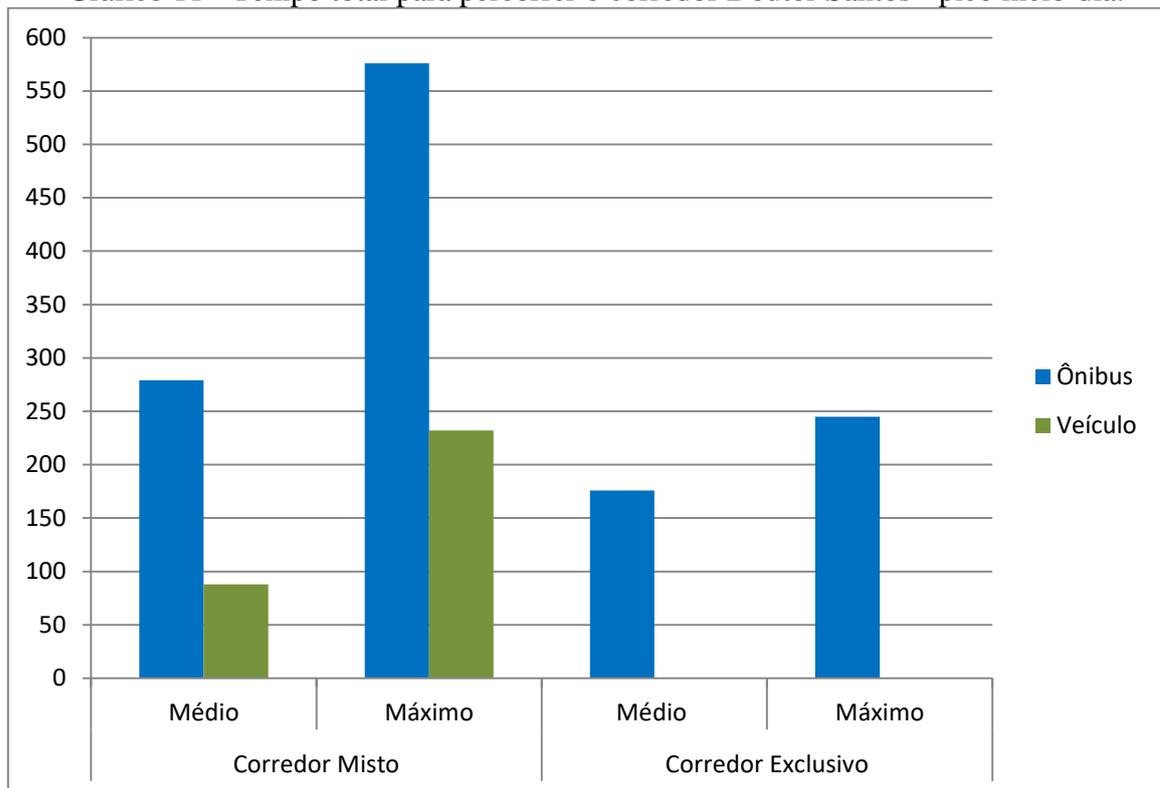
Tabela 26 - Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor Doutor Santos - pico do meio dia

Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	70	235	33	94
Veículo (ucp)	26	107		

Fonte: Acervo do autor (2017).

Ainda no período do meio dia, conforme consta no Gráfico 11, os resultados demonstram que o corredor exclusivo dos ônibus levaram 103 segundos a menos (-37%), em tempo médio para percorrer o corredor e 331 segundos a menos (-57%), em tempo máximo, para realizar o trajeto.

Gráfico 11 - Tempo total para percorrer o corredor Doutor Santos - pico meio-dia.



Fonte: Acervo do autor (2017).

Os resultados obtidos nas tabelas 27 e 28 apresentam o ganho de tempo de espera com os corredores exclusivos, tempo de espera em sinais e redução do número de veículos nos sinais.

Tabela 27 – Tempo de espera no ponto de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Tempo de espera nos sinais (1, 2, 3...) - corredor Doutor Santos - pico do meio dia

Sinal	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ed1	42	186	2	44
Ed2	2	35	2	33
1	10	48	5	20
2	7	36	5	21
3	8	42	5	20
4	11	59	8	27
5	3	15	2	12
6	5	22	3	18

Fonte: Acervo do autor (2017).

Tabela 28 - Número de Veículos nos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Número de Veículos nos sinais (1, 2, 3...) - corredor Doutor Santos - pico do meio dia

Sinal	Corredor Misto	Corredor Exclusivo
	Máximo	Máximo
Ed1	12	6
Ed2	2	3
1	16	6
2	13	6
3	12	6
4	16	6
5	9	5
6	10	4

Fonte: Acervo do autor (2017).

Conforme mostra tabela 29, as taxas de utilização dos pontos de Ed e dos semáforos obtiveram quedas em todos os recursos, o que mostra que os semáforos e os pontos de embarque e desembarque ficam mais livres para a utilização do ônibus.

Tabela 29 – Taxa de utilização dos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Taxa de utilização dos sinais (1, 2, 3...) - corredor Doutor Santos - pico do meio dia

Sinal	Corredor Misto	Corredor Exclusivo
Ed1	81%	37%
Ed2	42%	36%
1	68%	49%
2	54%	38%
3	59%	35%
4	65%	40%
5	36%	29%
6	31%	28%

Fonte: Acervo do autor (2017).

4.2.3 Corredor Doutor Santos - pico da tarde

A Tabela 30 traz resultados que demonstram quedas de tempo para o uso do corredor exclusivo de ônibus. O tempo de atendimento de veículos teve queda de 12 segundos (-11%), em tempo médio de atendimento ao longo do corredor e 82 segundos a menos (queda -42%), em tempo máximo.

Tabela 30 - Tempo de atendimento veículos (segundos) ao longo do corredor Doutor Santos – pico da tarde

Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	112	196	100	114
Veículo (ucp)	41	110		

Fonte: Acervo do autor (2017).

A simulação do corredor da Rua Doutor Santos, também no período da tarde, conforme consta na Tabela 31, demonstrou que com o corredor exclusivo dos ônibus o tempo de espera levou 01 segundo a menos (-2%), em tempo médio para percorrer o corredor e 15 segundos a mais (+17%) em tempo máximo de espera.

Tabela 31 - Tempo de espera veículos (segundos) ao longo do corredor Doutor Santos – pico da tarde

Tipo de Veículo	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ônibus	37	87	36	102
Veículo (ucp)	31	153		

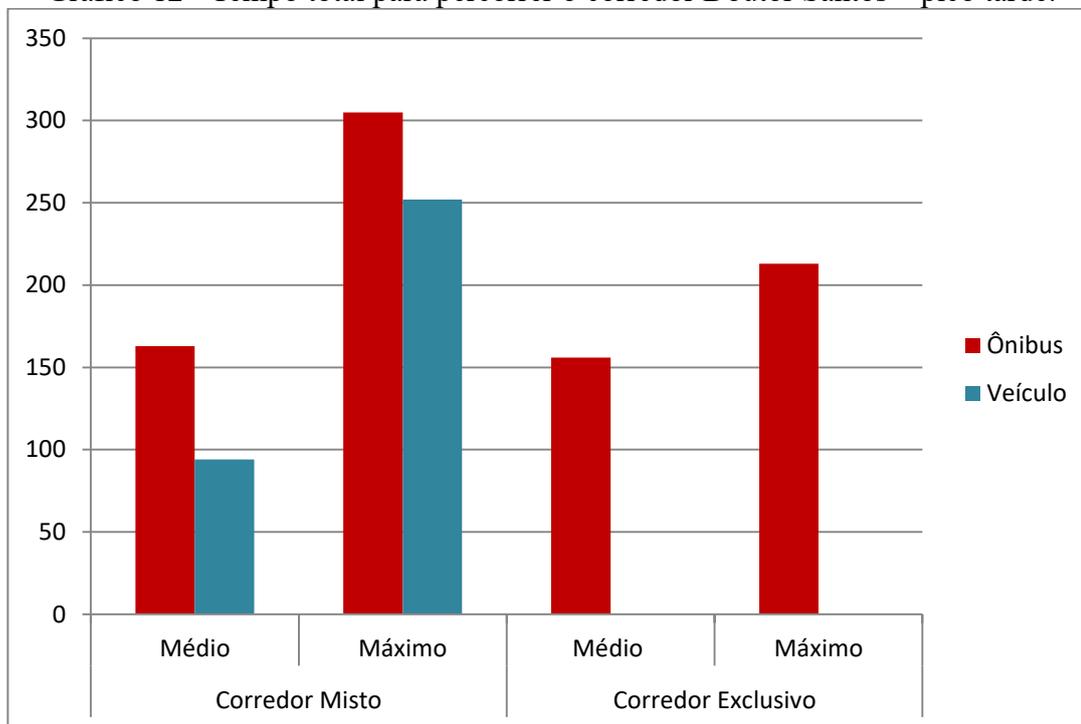
Fonte: Acervo do autor (2017).

Ainda no período do meio dia, conforme consta no Gráfico 12, os resultados demonstram que com o corredor exclusivo de ônibus levaram-se 07 segundos a menos (-4%) em tempo médio para percorrer o corredor e 92 segundos a menos (-30%), em tempo máximo, para realizar o trajeto.

Do mesmo modo que ocorre no corredor Camilo Prates, no corredor Doutor Santos os veículos comuns também levam menos tempo que os ônibus em todas as ações no corredor se

tratando dos corredores no modo misto.

Gráfico 12 - Tempo total para percorrer o corredor Doutor Santos – pico tarde.



Fonte: Acervo do autor (2017).

Pode-se visualizar os seguintes resultados coletados nas Tabelas 32 e 33 e o ganho de tempo de espera com os corredores exclusivos, tempo de espera em sinais e redução do número de veículos nos sinais.

Tabela 32 - Tempo de espera no ponto de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Tempo de espera nos sinais (1, 2, 3...) - corredor Doutor Santos – pico da tarde

Sinal	Corredor Misto		Corredor Exclusivo	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Ed1	0	9	0	0
Ed2	0	26	1	32
1	12	70	6	19
2	7	35	10	27
3	8	53	5	20
4	11	44	10	26
5	3	20	2	12
6	5	22	3	18

Fonte: Acervo do autor (2017).

Tabela 33 - Número de Veículos nos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Número de Veículos nos sinais (1, 2, 3...) - corredor Doutor Santos – pico da tarde

Sinal	Corredor Misto	Corredor Exclusivo
	Máximo	Máximo
Ed1	2	0
Ed2	1	3
1	17	4
2	11	6
3	18	6
4	13	6
5	9	6
6	9	4

Fonte: Acervo do autor (2017).

As taxas de utilização dos semáforos e pontos de embarque e desembarque também apresentaram quedas para o pico da tarde, conforme pode ser visto na Tabela 34.

Tabela 34 – Taxa de utilização dos pontos de Embarque e Desembarque (Ed1-Ed2) / Taxa de utilização dos sinais (1, 2, 3...) - corredor Doutor Santos – pico da tarde

Sinal	Corredor Misto	Corredor Exclusivo
Ed1	32%	16%
Ed2	13%	23%
1	72%	40%
2	54%	30%
3	58%	29%
4	66%	32%
5	34%	22%
6	37%	21%

Fonte: Acervo do autor (2017).

Os tempos apresentados se referem aos tempos médio e máximo gastos por veículos (ucp) e ônibus nas respectivas ações nos corredores, de tempo de atendimento ao longo do corredor, ou seja, tempo que os sinais levam para liberar o fluxo dos veículos, de espera no tráfego, do número de veículos nas filas, do tempo para percorrer o corredor exclusivo em relação ao corredor misto e, por fim, da taxa de utilização dos sinais. Em sua maioria houve,

portanto, ganho de tempo, diminuição das filas e queda das taxas de utilização dos sinais, demonstrando a viabilidade de implantação dos corredores para efeito de mais agilidade e fluidez do tráfego do transporte coletivo no centro da cidade de Montes Claros/MG.

5 CONCLUSÃO

O Transporte urbano compreende os serviços e modos de transporte, de caráter público ou privado, utilizados no deslocamento das pessoas nas cidades em observância da política nacional de mobilidade urbana.

As infraestruturas para melhorar e facilitar o deslocamento são pensadas para proporcionar maior mobilidade urbana, porque o transporte coletivo se apresenta um alternativa importante para promover a acessibilidade dentro do que se entende por mobilidade urbana.

O processo de desenvolvimento econômico e social dos municípios deve observar a dinâmica dos transportes urbanos. Uma vez que o trânsito de pessoas se faz necessário em situações diversas como negócios, deslocamento para trabalho, acesso a serviços públicos essenciais como hospitais e escolas. A cidade deve estar interligada e deve tornar acessível o deslocamento do cidadão.

A participação e eficiência do transporte coletivo realizado com ônibus aparecem como solução mais simples e menos onerosa para garantir a mobilidade. Quando se prioriza o sistema de transporte público, assegura-se o acesso pela população à oportunidade que a cidade oferece.

Os corredores de ônibus, explicam a SEDU/PR e aa NTU (2002), são vias específicas para o tráfego de ônibus, integradas às rodovias urbanas normais. O objetivo da sua implantação é alcançar a melhoria da qualidade no atendimento aos usuários do transporte público, com rapidez, agilidade e conforto a um custo mais baixo, colaborando com um tráfego mais organizado.

Utilizou-se os resultados da simulação de 2 corredores de ônibus gerados pelo *software* Arena para analisar a viabilidade dos corredores de ônibus. As melhorias de infraestruturas que serão revertidas em benefício da cidade de Montes Claros/MG e da população com a implantação dos corredores de ônibus são resultados da redução dos atrasos em congestionamentos, ganhos de tempo para percorrer o trecho estudado e redução de atrasos em embarque e desembarque, apurados com a o uso do Arena, que permitiu observar o ganho real de tempo e fluidez de tráfego.

Os dados coletados e lançados em simulação com o auxílio do ARENA demonstraram

ganhos reais e percentual de tempo quando os ônibus percorrem o corredor exclusivo em relação ao trânsito mais rápido no percurso e menos tempo de espera em comparação com o corredor misto. Ou seja, ganhos representativos de tempo para fazer trajetos diários que beneficiarão a população montesclareense em termos de segurança, comodidade, qualidade do serviço, fluidez de tráfego, menos tempo de espera, maior qualidade de vida e principalmente mobilidade urbana.

O transporte público é considerado fator indutor de revitalização e desenvolvimento econômico das cidades. A implantação desses corredores exclusivos de ônibus proporcionará maior acessibilidade ao mercado de trabalho, maior conforto nos deslocamentos e aumento no tempo de lazer e descanso. Tais fatores reunidos contribuem para aumentar o nível de produtividade dos trabalhadores e viabilizar a expansão habitacional inteligente para as regiões periféricas da cidade, em observância aos princípios da mobilidade urbana.

Os resultados apresentados no trabalho mostram que o corredor exclusivo é uma infraestrutura eficaz para potencializar o serviço de transporte coletivo em termos de ganhos de tempo com o trajeto, tempo de viagem reduzido, melhoria no deslocamento para os ônibus, capacidade para atender um maior número de usuários e de ganho de mobilidade urbana.

Como trabalhos futuros, podem ser relacionados: a análise de implantação de corredores exclusivos de ônibus em outros locais da cidade, para a dualização do desempenho da rede de transporte e também uma análise das mudanças que podem ocorrer com tráfego de trânsito nas aproximações dos corredores implantados deste trabalho.

Não foi feita uma análise sobre como ficaria o fluxo de trânsito nas aproximações dos corredores Camilo Prates e Doutor Santos devido ao número extenso de ruas importantes nas aproximações, juntamente com a falta de pesquisadores para ajudar em demais coletas de dados. E também devido ao foco do trabalho ser unicamente sobre corredores de ônibus.

Para desenvolvimento deste trabalho houve dificuldades na configuração do Arena para tratar os tempos de sinais e também para encontrar dados mais detalhados na literatura sobre os conceitos de corredores exclusivos de ônibus e sobre sinalização.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYURE, D. A. M. **Uma proposta de classificação de Bus Rapid System (BRS) utilizando simulação.** Dissertação de Mestrado. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (UFRJ). Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.pet.coppe.ufrj.br/index.php/producao/teses-de-dsc/doc_download/311-uma-proposta-de-classificacao-de-bus-rapid-system-brs-utilizando-simulacao> Acesso em: 15 set 2016.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 03 de Janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nºs 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Brasília, DF. D.O.U. 04 de jan. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm>. Acesso em: 16/09/2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Manual de BRT – Bus Rapid Transit:** Guia de Planejamento. Brasília, DF, 2008. Disponível em:<<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/Biblioteca/ManualBRT.pdf>> Acesso em: 05/09/2016.

BARRETO, R. **A política de mobilidade urbana e a construção de cidades sustentáveis.** Revista dos Transportes Públicos, ANTP, Ano 30/31, 3º e 4º trimestres, 2008, pp. 143-160.

CASTILHO, Rodrigo Alberto de. **Análise e simulação da operação de ônibus em corredores exclusivos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13142>> Acesso em: 08/04/2017.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica.** 6 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007.

CHAGAS, Luciano Aparecido. **Critérios para definição de elementos de projeto de estações de corredores de BRT.** Dissertação (Mestra em Geotecnia e Transportes) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte/MG, p. 168. 2014. Disponível em <<https://www.ufmg.br/pos/geotrans/images/stories/diss040.pdf>> Acesso em: 17/07/2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. **Pesquisa mobilidade da população urbana 2017.** Brasília, DF: CNT: NTU, 2017. Disponível em <<http://www.cnt.org.br/Pesquisa/mobilidade-populacao-urbana>> Acesso em: 08/09/2017.

CORREIA, R. R. et al. **Simulação do fluxo de ônibus no Terminal de Integração do Varadouro:** um estudo computacional. In: XXXII ENEGEP, 2012, Bento Gonçalves, RS. Anais, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de Estudos de Tráfego:** Publicação IPR – 723. Rio de Janeiro/RJ, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. **Manual de Semáforos.** 2 ed. Brasília, DF: Ministério da Justiça, 1984.

CONSELHEIRO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito:** sinalização semafórica. Volume V. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2014.

FERRAZ, Antônio Clóvis “Coca” P.; TORRES, Isaac G. E. **Transporte Público Urbano.** São Carlos – SP, Rima, 2004.

FERREIRA, Victor Cláudio Paradela. **Modelos de gestão.** 2 ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução a Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena.** 2.ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GAVIRA, Muriel de Oliveira. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 163 p., 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-20052003-004345/pt-br.php>> Acesso em: 19/09/2017.

GORNI, Daniel. **Modelagem para operação de Bus Rapid Transit.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade de São Paulo (USP). São Paulo/SP, p. 114. 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-19012011-103449/pt-br.php>> Acesso em: 17/07/2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **CENSO Demográfico 2010.** Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro/RJ, 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=11&uf=00>> Acesso em: 17/09/2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades: dados estatísticos Montes Claros/MG.** Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>> Acesso em: 18/09/2017.

LIMA, E. B. **Modelos Microscópicos para simulação do tráfego baseados em autômatos celulares.** Dissertação (Mestrado em Computação). Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, 127 p., 2007. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/PosGraduacao/Dissertacoes/361.pdf>> Acesso em: 19/09/2017.

MARCONI. M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1999.

MUMFORD, L. **A cidade da História:** suas origens, transformações e perspectivas. Tradução Neil R. Silva. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

NAZARETH, Veridianne Soares; SOUSA, Luiz Afonso Penha de; RIBEIRO, Paulo Cezar Martins. **Análise comparativa entre simuladores de fluxo de tráfego**. Artigo Científico (Programa de Engenharia de Transportes). XIII Rio de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro/RJ, 2015, 09 p. Disponível em: <<http://www.riodetransportes.org.br/wp-content/uploads/artigo18.pdf>> Acesso em: 19/09/2017.

SOLON, A. S. **Aplicação da logística urbana na modelagem e simulação de corredores do transporte público por ônibus**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 118 p., 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14166/1/d.pdf>> Acesso em: 19/09/2017.

PEREIRA NETO. W. A. **Modelo multicritério de Avaliação de Desempenho Operacional do Transporte Coletivo por Ônibus no Município de Fortaleza**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transporte). Universidade Federal do Ceará, 2001. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/ri/bitstream/riufc/1817/1/2001_dis_wapereiraneo.pdf> Acesso em: 12/08/2016.

PRADO, Darci. **Usando o Arena em simulação**. Série Pesquisa Operacional. Vol. 3. Belo Horizonte/MG: Editora Falconi, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MONTES CLAROS/MG. **Aspectos Gerais**. On-line, 2013. Disponível em: <http://www.montesclaros.mg.gov.br/cidade/aspectos_gerais.htm> Acesso em: 17/07/2017.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico:métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo/RS: Feevale, 2013. Disponível em: <<http://www.faatensino.com.br/wp-content/uploads/2014/11/2.1-E-book-Metodologia-do-Trabalho-Cientifico-2.pdf>> Acesso em: 01/10/2016.

RODRIGUES: P.R.A. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística Internacional**. São Paulo: Aduaneiras, 2007.

SARDINHA, D. F. R; FRANÇA, I. S. **Diagnóstico do Trânsito na área centra de Montes Claros/MG**. Disponível em: <<http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/2edicao/n5/Diagnostico%20de%20Transito%20na%20area%20central%20de%20Montes%20Claros.pdf>>. Acesso em: 26/09/ 2016.

SECRETARIA ESPECIAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, NO ESTADO DO PARANÁ – SEDU/PR; ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS – NTU. **Prioridade para o transporte coletivo urbano**: Relatório Técnico. Gráfica Itamarati: Brasília, 2002. Disponível em <<http://www.fetranspordocs.com.br/downloads/09PrioridadeTransporteColetivoUrbano.pdf>> Acesso em: 18/09/2017.

SILVA, A. F; NASCIMENTO, S. O. **Análise da qualidade do serviço de transporte público sobre trilho - VLT no município de Juazeiro do Norte e Crato na percepção do**

usuário.In: CONGRESSO XIII RIO DE TRANSPORTES, 2015, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.riodetransportes.org.br/wp-content/uploads/artigo30.pdf>> Acesso em: 07/07/2017.

SOLON, A. S. **Aplicação da logística urbana na modelagem e simulação de corredores do transporte público por ônibus.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 118 p., 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14166/1/d.pdf>> Acesso em: 19/09/2017.

SOUZA JUNIOR, B. Z. Mobilidade Urbana. **Sistema Viário e de Transporte Coletivo: considerações sobre Montes Claros/MG.** In: FÓRUM DE ENSINO, PESQUISA, EXTENSÃO E GESTÃO/FEPEG, 9, 23 a 26 setembro 2015, Montes Claros. Montes Claros: Campus Universitário Professor Darcy Ribeiro, 2015.

SPIGOLON, Luciana Maria Gasparelo. **Semáforo: grupo convencional x grupo focal com informação do tempo de verde/vermelho restante.** Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de pós-graduação em Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos/SP, 135 p., 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-17012011-140333/pt-br.php>> Acesso em: 20/09/2017.

VUCHIC, Vucan. R. **Urban transit: Systems and technology.** 1. ed. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2007.

WRIGHT, L; HOOK, W. **Bus rapid transit planning guide.** 3 ed. New York: Institute for transportation & Development Policy, 2007. Disponível em: <<https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/52.-Bus-Rapid-Transit-Guide-PartIntro-2007-09.pdf>>. Acesso em: 23/09/2016.

7 APÊNDICES

APÊNDICE I – Tabelas para contagem de veículos

Tabela Tipo 1

Nome: _____ Data: ___/___/___

Local: _____ x _____

Horário ____:____ às ____:____	Movimento _____ _____ _____	Movimento _____ _____ _____
Moto	Total: _____	Total: _____
Carro	Total: _____	Total: _____
Ônibus	Total: _____	Total: _____
Táxi	Total: _____	Total: _____
Caminhão	Total: _____	Total: _____
Van	Total: _____	Total: _____
Bicicleta	Total: _____	Total: _____

Tabela Tipo II

Nome: _____ Data: ___/___/___

Local: _____

Horário :_____ às :_____ :	Movimento _____ _____ _____ _____ _____ 	Movimento _____ _____ _____ _____ _____ 	Movimento _____ _____ _____ _____ _____
Moto			
Carro			
Ônibus			
Táxi			
Caminhão			
Van			
Bicicleta			

APÊNDICE II

Contagem de Tempo de Semáforo

Corredor Camilo Prates

Nome: Michelly Martins Ferreira Data: 02/09/2016

Rua: Camilo Prates x Barão do Rio Branco

Sinal	Horário: 07:15	Horário: 12:02	Horário: 17:14
	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)
Verde	28.50	29.35	29.25
Vermelho	28.34	28.44	28.54
Amarelo	2.13	2.13	2.02

Rua: Camilo Prates x Dom João Ales Pimenta

Sinal	Horário: 07:25	Horário: 12:12	Horário: 17:22
	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)
Verde	29.10	29.15	29.46
Vermelho	28.20	28.24	28.64
Amarelo	2.10	2.13	2.03

Rua: Camilo Prates x Dom Pedro II

Sinal	Horário: 07:35	Horário: 12:21	Horário: 17:30
	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)
Verde	29.00	28.75	28.85
Vermelho	28.30	28.34	28.14
Amarelo	2.20	2.30	2.23

Rua: Camilo Prates x Presidente Vargas

Sinal	Horário: 07:43	Horário: 12:30	Horário: 17:40
	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)
Verde	24.05	24.07	24.28
Vermelho	32.81	32.60	32.71

Amarelo	2.13	2.84	2.64
---------	------	------	------

Rua: Camilo Prates x Governador Valadares

Sinal	Horário: 07:55	Horário: 12: 35	Horário: 17:50
	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)
Verde	27.53	27.22	27.63
Vermelho	29.66	29.45	29.76
Amarelo	2.13	2.74	2.19

CorredorDoutor Santos

Rua: Doutor Santos x Rui Barbosa

Sinal	Horário: 08:03	Horário: 12:38	Horário: 17:54
	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)
Verde	33.32	32.61	33.11
Vermelho	24.07	24.10	24.28
Amarelo	1.93	1.82	2.03

Rua: Doutor Santos x Dom Pedro II

Sinal	Horário: 08:12	Horário: 12:57	Horário: 17.58
	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)
Verde	24.89	24.48	24.48
Vermelho	32.60	32.40	32.30
Amarelo	1.59	2.23	2.23

Rua: Doutor Santos x Dom João Alves Pimenta

Sinal	Horário: 08:21	Horário: 13:03	Horário: 18:00
	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)
Verde	23.77	24.07	23.97
Vermelho	24.17	24.07	24.06
Amarelo	1.72	1.72	1.72

Rua: Doutor Santos x Barão do Rio Branco

Sinal	Horário: 08:32	Horário: 13:24	Horário: 18:02
	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)
Verde	32.81	32.20	32.71
Vermelho	15.23	15.00	14.02
Amarelo	1.82	1.82	1.82

Rua: Doutor Santos x Tiradentes

Sinal	Horário: 08:33	Horário: 13:40	Horário: 18:04
	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)	Tempo (segundos)
Verde	26.51	26.61	26.61
Vermelho	22.16	21.53	21.94
Amarelo	1.62	1.92	1.72

8 ANEXOS

ANEXO I

Cidade: Montes Claros Local: _____ _____ Aproximação: _____ Observador: _____ Tempo: _____ Data: ___/___/___ Hora: _____ Movimentos permitidos na faixa estudada: () Em frente () À direita () À esquerda										Croqui da interseção: mostrar todas as faixas das aproximações, com os respectivos movimentos permitidos; <input type="checkbox"/> identificar a faixa estudada.					
Posição do veículo na fila da faixa	Ciclo 01	Ciclo 02	Ciclo 03	Ciclo 04	Ciclo 05	Ciclo 06	Ciclo 07	Ciclo 08	Ciclo 09	Ciclo 010	Ciclo 011	Ciclo 012	Ciclo 013	Ciclo 014	Ciclo 015
	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
f > 20	f=	f=	f=	f=	f=	f=	f=	f=	f=	f=	f=	f=	f=	f=	f=
Outros Dados	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=	Hf=
Duração do tempo verde															
Observações/ Ciclo Saturado?															
Duração do entreverdes =					Amarelo =					Vermelho Geral =					