

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CAIO EDUARDO CARMEZINI
SÉRGIO HENRIQUE CAVALCANTI ENDO

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA METRÔ
DO ASFALTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO
2017

CAIO EDUARDO CARMEZINI
SÉRGIO HENRIQUE CAVALCANTI ENDO

ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA METRÔ DO ASFALTO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Coordenação de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Celso Naves de Souza

CORNÉLIO PROCÓPIO
2017

TERMO DE APROVAÇÃO

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA METRÔ
DO ASFALTO**

POR

CAIO EDUARDO CARMEZINI

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 10:00 hs do dia 21 de junho de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO MECÂNICO, linha de pesquisa – Projeto de Máquinas, no programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Celso Naves de Souza - Presidente (Orientador)
(UTFPR)

Prof. Dr. Amauri Bravo Ferneda (Membro)
(UTFPR)

Prof. Me. José Aparecido Lopes Junior (Membro)
(UTFPR)

“A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação de Curso.”

AGRADECIMENTOS

Caio Eduardo Carmezini

Primeiramente agradeço a Deus por me dar forças durante todo esse trajeto, principalmente nas horas mais difíceis Ele me abençoou.

Agradeço aos meus familiares que na união sempre me incentivaram, principalmente meus pais, José W. da Costa Carmezini e Lúcia H. Rubim Carmezini que além de tudo sempre me deram muito suporte e carinho nunca deixando de acreditar em meu potencial.

A todos meus amigos que sempre foram meus companheiros com quem dividi meus dias com muitas risadas, dois deles principalmente Heric Taniguchi que desde a infância somos muito amigos e Vinicius Motta que infelizmente faleceu nesse ano, mas me inspira a ser uma pessoa melhor sempre que lembro do bom amigo e homem que foi.

Ao meu amigo e parceiro de TCC Sergio Henrique Cavalcanti Endo que está junto comigo desde o cursinho que fizemos juntos.

À minha parceira, companheira e namorada Marcela Ogawa Feitosa que sempre esteve ao meu lado e me ajudou muito também a enfrentar as barreiras que a vida em geral colocou no meu caminho.

Gostaria muito de agradecer a todos os professores que passaram pela minha vida transmitindo muito conhecimento, principalmente ao Professor Doutor Celso Naves de Souza que compreendeu nossas dificuldades durante o projeto e nos deu suporte nas orientações e também nos passou muito conhecimento quando atuou como professor no começo do curso com as aulas de Desenho de Máquinas, se tornando além de tudo meu amigo.

AGRADECIMENTOS

Sérgio Henrique Cavalcanti Endo

Primeiramente quero agradecer aos meus pais, Maria Paulina e Sérgio (in memoriam), por toda a parceria com que me acompanharam em toda essa longa jornada. Obrigado pelo incentivo e pela admiração desse curso que agora tenho o orgulho de concluir. Obrigado pelos sacrifícios que fizeram em razão da minha educação. Nós sabemos que não foram poucos. Obrigado por tudo.

Agradeço às minhas irmãs, Paula e Mariana, pelo apoio, carinho e amizade, eu amo vocês.

É difícil agradecer todas as pessoas que de algum modo, nos momentos serenos e ou apreensivos, fizeram ou fazem parte dessa caminhada, por isso agradeço à todos de coração.

Agradeço aos meus amigos da universidade Vinicius, Douglas, Henrique e Caio (parceiro de projeto), pelo companheirismo e parcerias de estudo.

Aos meus amigos Leandro, Lucas, Hiroshi, Amadeus e Thiago, que foram minhas válvulas de escape e entretenimento quando estava sufocado pelo cotidiano.

Agradeço aos meus amigos de república Henrique, Bruno e em especial ao Anderson, parceiro desde o jardim de infância.

Agradeço aos professores que desempenharam com dedicação as aulas ministradas.

Deixo um agradecimento especial ao nosso orientador Prof. Dr. Celso Naves de Souza, pela oportunidade, paciência e os conhecimentos transmitidos não apenas neste trabalho, mas durante toda a graduação.

A minha namorada, Tatiane Ito, por todo amor, carinho e paciência que tem me dedicado, sempre ao meu lado e me apoiando durante toda essa etapa.

“Com a cabeça erguida e mantendo a fé em Deus, o seu dia mais feliz vai ser o mesmo que o meu. A vida me ensinou a nunca desistir nem ganhar, nem perder mas procurar evoluir. Podem me tirar tudo que tenho, só não podem me tirar as coisas boas que eu já fiz pra quem eu amo.”

Charlie Brown Jr.

“Alguns homens veem as coisas como são, e dizem ‘Por quê?’ Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por que não?’”

George Bernard Shaw

RESUMO

CARMEZINI, Caio Eduardo; ENDO, Sérgio Henrique Cavalcanti. **Estudo de viabilidade de implantação do sistema Metrô do Asfalto.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2017.

O grande aumento populacional e o descontrole do crescimento das cidades junto com o fraco planejamento urbano acarretam numa cidade com infraestrutura e serviços de transportes públicos de baixa qualidade. Visando sanar esses problemas, como a baixa eficiência dos sistemas convencionais de ônibus, alto custo e tempo de implantação dos sistemas de metrô o presente trabalho apresenta o estudo de viabilidade de implantação do sistema Metrô do Asfalto. Um sistema que vai unir qualidades dos sistemas de ônibus, como a flexibilidade e qualidades dos sistemas de metrôs, como a alta capacidade para ter um serviço eficiente a custos relativamente baixos.

Palavras-chave: Transporte público; Ônibus; Metrô.

ABSTRACT

CARMEZINI, Caio Eduardo; ENDO, Sérgio Henrique Cavalcanti. **Feasibility study for the implementation of the Asphalt Subway system.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2017.

The great increase in population and the lack of control of the growth of cities together with the poor urban planning result in a city with infrastructure and poor public transport services. Aiming to remedy these problems, such as the low efficiency of conventional bus systems, high cost and time of implementation of subway systems, the present paper presents the feasibility study for the implementation of the Asphalt Metrô system. A system that will unite qualities of bus systems, such as the flexibility and qualities of subway systems, such as the high capacity to have efficient service at relatively low costs.

Keywords: Public transport; Bus; Subway.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – CONTRIBUIÇÃO DAS FONTES DE POLUENTES LOCAIS	51
---	----

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – EFEITOS NOCIVOS DOS PRINCIPAIS POLUENTE VEICULARES LOCAIS.....	51
QUADRO 2 – EMISSÕES RELATIVAS DE CO2 DO TRANSPORTE URBANO	52
QUADRO 3 – INCLINAÇÃO DAS RAMPAS DE ACORDO COM A NBR 9050.....	67
QUADRO 4 – QUADRO DAS DIMENSÕES POSSÍVEIS PARA ESCADAS	68

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – OMNIBUS 1829	17
FIGURA 2 – BONDE ELÉTRICO FINAL DO SÉCULO XIX	18
FIGURA 3 – ÔNIBUS INÍCIO DO SÉCULO XX	19
FIGURA 4 – TREM SUBURBANO COM TRAÇÃO ELÉTRICA NO INÍCIO DO SÉCULO XX.....	19
FIGURA 5 – BRT DE CURITIBA.....	20
FIGURA 6 – SEMÁFORO PARA PEDESTRE EM JOÃO PESSOA – PB	23
FIGURA 7 – PASSARELA EM SÃO JOSÉ DOS PINHAIS, REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	23
FIGURA 8 – CALÇADÃO DE LONDRINA.....	24
FIGURA 9 – FAIXA EXCLUSIVA PARA CICLISTAS EM AMSTERDÃ	25
FIGURA 10 – SINAL PARA CICLISTAS EM AMSTERDÃ	25
FIGURA 11 – PASSEIO DE CHARRETE NO PARQUE DE SINTRA (PORTUGAL)	27
FIGURA 12 – ÔNIBUS DE TURISMO EM PORTO ALEGRE – RS	28
FIGURA 13 – BONDE EM NOVA ORLEANS.....	29
FIGURA 14 – METRÔ NO RIO DE JANEIRO	29
FIGURA 15 – BICITÁXI EM PARIS (FRANÇA).....	31
FIGURA 16 – COMPARAÇÃO DE FLEXIBILIDADE E CAPACIDADE DOS MODOS DE TRANSPORTE.....	32
FIGURA 17 – ESPAÇO VIÁRIO OCUPADO EM DIFERENTES MODOS DE TRANSPORTE URBANO.....	34
FIGURA 18 – ÔNIBUS CIRCULAR DE LONDRINA.....	35
FIGURA 19 – VLT QUE CIRCULA NAS RUAS DA FRANÇA	36
FIGURA 20 – FAIXAS EXCLUSIVA EM SÃO PAULO	41
FIGURA 21 – FAIXAS EXCLUSIVAS.....	41
FIGURA 22 – VIAS EXCLUSIVAS	42
FIGURA 23 – RELAÇÃO ENTRE FROTA E VELOCIDADE	43
FIGURA 24 – PLATAFORMA NO MESMO NÍVEL DO ÔNIBUS	44
FIGURA 25 – USO DO CARTÃO ELETRÔNICO EM ÔNIBUS CONVENCIONAL ...	47
FIGURA 26 – CARRETA PRANCHA SEMI REBOQUE RODOKINHO (MEDIDAS UTILIZADAS NO PROJETO)	53
FIGURA 27 – COMPARAÇÃO DE CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO.....	54

FIGURA 28 – LINHA TOMADA COMO EXEMPLO, QUE CONECTA DUAS AVENIDAS NO CENTRO DE LONDRINA	58
FIGURA 29 – TEMPO APROXIMADO PARA PERCORRER O TRAJETO	59
FIGURA 30 – ESTAÇÃO DE EMBARQUE	61
FIGURA 31 – VISTA ISOMÉTRICA DO VEÍCULO	61
FIGURA 32 – VISTA LATERAL COM CORTE DO VEÍCULO	62
FIGURA 33 – ESTRUTURA COM A CARRETA	62
FIGURA 34 – IDEIA DE UM VEÍCULO MODERNO.....	63
FIGURA 35 – RAMPA PROJETADA FORA DAS NORMAS DA NBR 9050	66
FIGURA 36 – RAMPA DE ACESSO PARA ESTAÇÃO DE EMBARQUE	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivo Específico.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 CONCEITO E HISTORICO DO TRANSPORTE URBANO	16
2.2 CRESCIMENTO DAS CIDADES.....	21
2.3 MODOS DE TRANSPORTE URBANO	22
2.3.1 Privado ou individual	22
2.3.2 Público, coletivos ou de massa	27
2.3.3 Semipúblico.....	30
2.3.4 Flexibilidade e capacidade dos diversos modos	32
2.4 TRANSPORTE PÚBLICO x TRANSPORTE INDIVIDUAL	33
2.5 BREVE DEFINIÇÃO DOS MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO.....	35
2.5.1 Serviço convencional de ônibus	35
2.5.2 Metrô	36
2.5.3 Metro Ligeiro (LRT – Light Rail Transit ou VLT – Veiculo leve sobre Trilhos) ..	36
2.5.4 BRT (Bus Rapid Transit)	37
2.6 QUALIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO	37
3 METRÔ DO ASFALTO	39
3.1 INTRODUÇÃO	39
3.2 DEFINIÇÃO E CONCEITO METRÔ DO ASFALTO	39
3.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS.....	40
3.3.1 Infraestrutura viária.....	40
3.3.2 Estações.....	43
3.3.3 Veículo	45
3.3.4 Sistema Tarifário	45
3.3.5 Estratégia de Marketing.....	48
4 MEIO AMBIENTE.....	49
5 CUSTOS E PRAZOS	53

5.1 CÁLCULO E COMPARAÇÃO DE CUSTOS	53
5.2 COMPARAÇÃO DE LUCROS.....	55
5.3 PRAZOS.....	56
6 ESTRATÉGIAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO METRÔ DO ASFALTO.....	57
7 MATERIAIS E MÉTODOS	60
7.1 NORMAS.....	63
7.2 RAMPA E ESCADA DE ACESSO PARA A ESTAÇÃO.....	65
8 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

Em razão do grande crescimento de inúmeras cidades, suas redes de transporte sofrem constantes mudanças e adaptações para que o sistema de transporte público não seja afetado.

Pensando no desenvolvimento sustentável das cidades deve-se adotar medidas no sentido de melhorar o setor de transportes, passando pelo incentivo ao uso do transporte coletivo e outros modos sustentáveis. Isto será importante para diminuir o permanente congestionamento nas principais cidades.

Portanto, implementar um sistema de transporte público compatível com a realidade econômica atual e que forneça um serviço de alta qualidade, seguro, confortável e rápido é um desafio permanente para os órgãos responsáveis. Para uma considerável porcentagem da população o transporte coletivo é a única opção para suas necessidades de mobilidade, sendo assim é essencial que se garanta um serviço eficaz.

Neste sentido, seria interessante procurar uma solução que tenha menores custos econômicos, sociais e ambientais, e que seja também capaz de apoiar o desenvolvimento da cidade com qualidade de vida para seus habitantes.

Este trabalho propõe a desenvolver um projeto de um meio de transporte público que mescla algumas vantagens dos metrô e dos ônibus, com a ideia de reduzir o tempo de implantação, custos e danos ao meio ambiente.

1.1 PROBLEMAS E PREMISSAS

A proposta deste projeto iniciou da consciência da existência de problemas que prejudicam o sistema de transporte público urbano, que necessitam de soluções urgentes. Com o grande aumento populacional e o descontrole do crescimento das cidades acarreta no problema com os sistemas de transportes urbanos. A população reside cada vez mais longe dos locais onde exercem suas atividades, e os serviços de transporte e infraestrutura não acompanham esse crescimento.

O elevado crescimento da população nas áreas urbanas faz com que as cidades enfrentem sérios problemas para oferecer um transporte público de qualidade. Com isso aparecem problemas como: congestionamentos, acidentes, poluição do ar e sonora e a perda de qualidade de vida. Isso acontece pelo intenso uso do transporte individual que é mais atraente que o transporte público urbano.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar o estudo da viabilidade de implantação do sistema metrô do asfalto, analisando as características, custos, prazos e estratégia para implantação desse sistema de transporte público.

1.2.2 Objetivo Específico

Adicionalmente, os objetivos específicos desta monografia são:

- O estudo a respeito dos transportes e suas características;
- Compreender as normas para os transportes públicos;
- O estudo da poluição emitida por veículos e seus impactos;
- Compreender os custos dos veículos, da infraestrutura e custos operacionais;
- Analisar uma via de Londrina para uma possível implantação do sistema metrô do Asfalto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITO E HISTÓRICO DO TRANSPORTE URBANO

Entende-se por transporte urbano o movimento de pessoas e mercadorias no interior de uma cidade, com utilização de meios de transporte coletivos ou individuais. O Transporte coletivo permite que muitas pessoas se desloquem pelo mesmo corredor viário com maior eficácia, resultando em custos menores para o passageiro já que os gastos são divididos entre um grande número de indivíduos.

Segundo Ferraz e Torres (2004, p. 9), antes do século XVII o deslocamento das pessoas nas cidades era realizado a pé, montado em animal ou em carruagem própria puxada por tração animal. Em Londres no ano de 1600 e Paris no ano de 1612, carruagens de aluguel puxadas por animais podem ser consideradas os primeiros serviços de transporte público urbano. Somente em 1662, o matemático francês Blaise Pascal organizou o primeiro serviço regular de transporte público, possuía linhas com itinerários fixos e horários predeterminados, o serviço era feito por carruagens com oito lugares puxados por cavalos.

Já em 1826 em Nantes, França, o sistema foi melhorado com carruagens maiores e mais compridas, porém esses tipos de carruagens já existiam em Londres, mas só foi batizado de omnibus (“para todos” em latim) em Nantes. Começaram então a surgir os omnibus, como o exemplo da Figura 1, maiores com capacidade entre 10 e 20 passageiros que circulavam nas cidades de Bordeaux, Nova York, Londres e Paris que operavam em rotas predefinidas (FERRAZ E TORRES, 2004, p. 9).

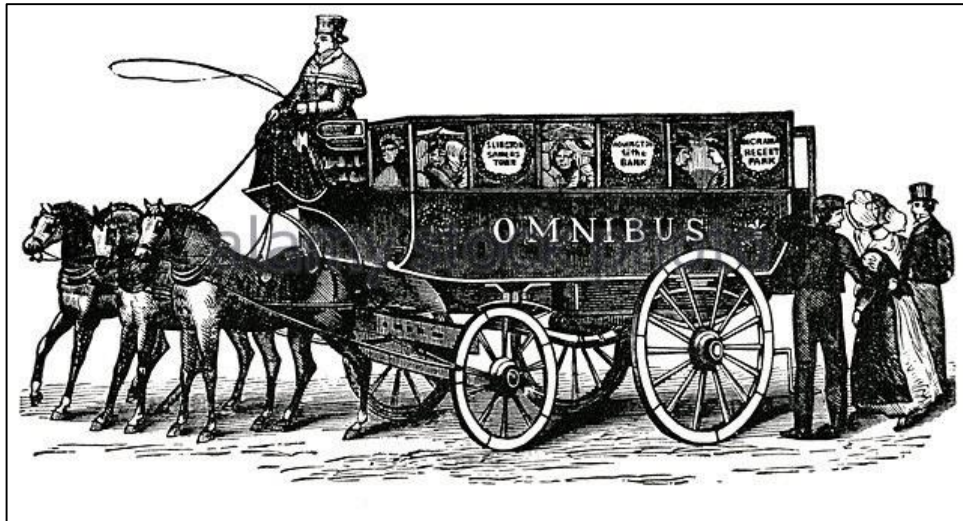


Figura 1 – Omnibus 1829
Fonte: Alamy (2015).

Os bondes surgiram ainda na primeira metade do século XIX em Nova Iorque – EUA puxados por animais, eles possuíam algumas vantagens em relação ao omnibus como rodar mais suave propiciado pelo rolamento da roda de aço sobre o trilho. O próximo sistema que apresentou resultado satisfatório foram os bondes movidos a cabo, que tinham como grande vantagem em relação à tração animal a possibilidade de desenvolver maiores velocidades (FERRAZ E TORRES, 2004, p.10).

Em Richmond, EUA surgiu a primeira linha efetivamente bem sucedida de bonde com tração elétrica, propiciando menor custo de operação e maior segurança em comparação ao bonde movido a cabo. Foi um grande sucesso e permaneceu por muitos anos como principal meio de transporte urbano utilizado no mundo (FERRAZ E TORRES, 2004, p. 11).

A Figura 2 mostra um bonde puxado por cavalos típico do século XIX.

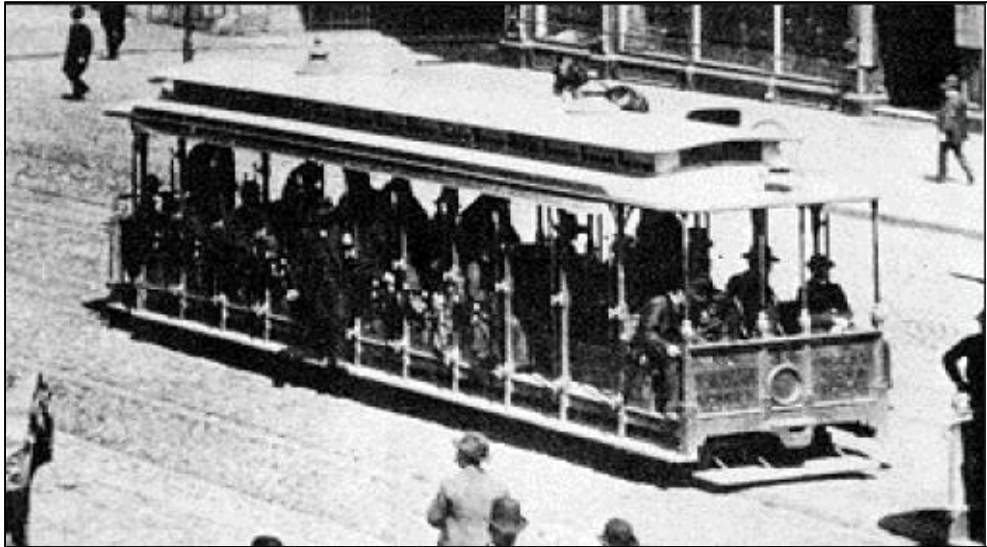


Figura 2 – Bonde elétrico final do século XIX
Fonte: Vuchic (1981).

De acordo com Ferraz e Torres (2004, p. 12), várias tentativas de movimentar omnibus com propulsão mecânica foram feitas no século XIX. Contudo, nenhuma teve sucesso até aparecer os primeiros ônibus (denominação dada aos ônibus acionados por propulsão mecânica) movidos a gasolina, em 1890, nas cidades da Alemanha, França e Inglaterra. Em 1920, surgiram os ônibus movidos a óleo diesel e também nessa época as rodas de borracha maciça deram lugar aos pneus com câmara de ar. A partir desse momento, o ônibus passou a substituir o bonde no transporte urbano e apresentou muitas vantagens: menor custo, pois não precisavam de subestação de energia, trilhos e cabos elétricos e maior confiabilidade. Com passar dos anos inovações tecnológicas foram acrescentadas e atualmente os ônibus constituem o principal modo de transporte público urbano empregado no mundo.

A Figura 3 mostra um ônibus típico do início do século XX.

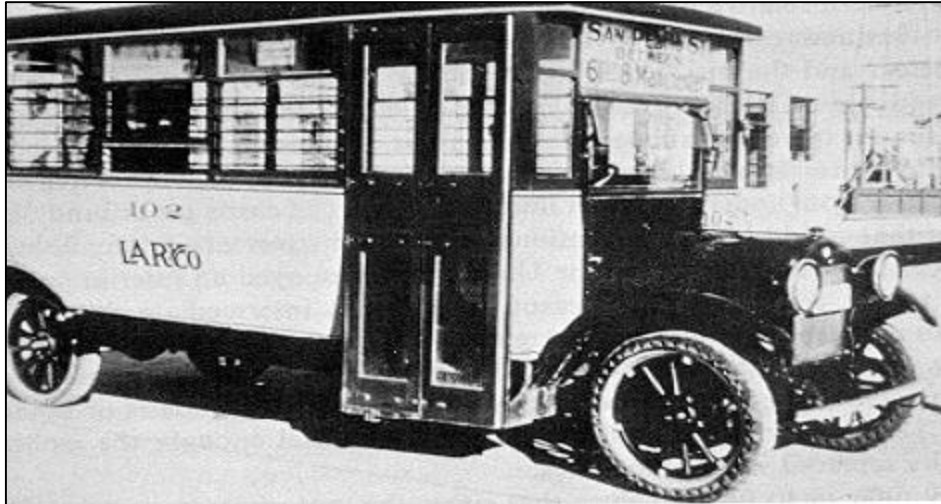


Figura 3 – Ônibus início do século XX
Fonte: Ferraz e Torres (2004).

Outro modal de transporte urbano importante, no passado e atualmente, é o transporte ferroviário: o trem e o metrô.

Na segunda metade do século XIX começou a utilização dos trens convencionais para o transporte urbano de pessoas, quando algumas cidades do mundo já eram de grande tamanho. Transportavam passageiros entre estações localizadas nos subúrbios e da região central. Com surgimento das locomotivas elétricas, que possuíam maior potência, esse transporte teve o crescimento mais acelerado (FERRAZ E TORRES, 2004, p. 15).

A Figura 4 mostra um trem tracionado por locomotiva elétrica utilizada no início do século XX.

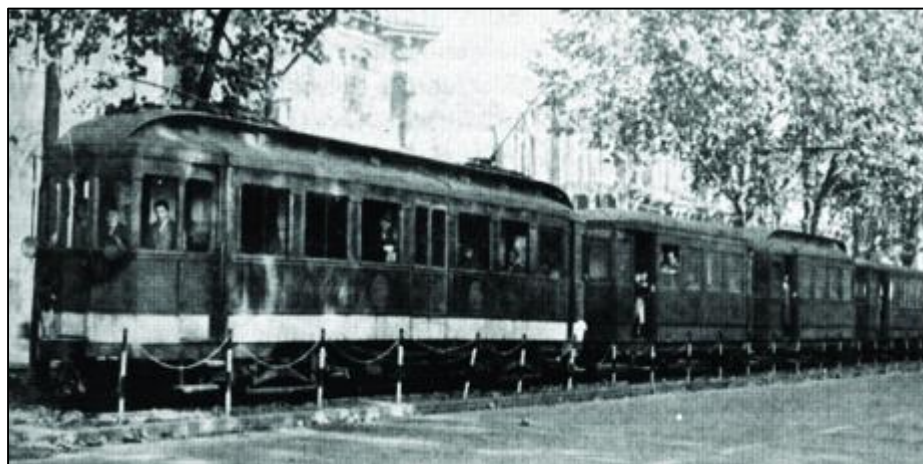


Figura 4 – Trem suburbano com tração elétrica no início do século XX
Fonte: Vuchic (1981).

De acordo com Ferraz e Torres (2004, p. 16), em Londres, para diminuir o congestionamento na região central da cidade começou a ser usado o metrô (uma ferrovia subterrânea ou elevada) no ano de 1863. Eram movidos à vapor e tinham um sistema de armazenamento de fumaça que a eliminava apenas quando os metrôs estavam ao “ar livre”. Quando o metrô elétrico surgiu, já no final do século, os problemas anteriores que eram pertinentes no movido à vapor foram sanados, o que impulsionou de vez a expansão desse sistema de transporte pelo mundo.

Nos dias atuais temos o BRT “Bus Rapid Transit”, que se assemelha com nosso projeto e já circulam em algumas cidades como Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Salvador e outros países como Colômbia, Estados Unidos e Espanha. Visam combinar a capacidade e a velocidade de veículos leves sobre trilhos, com a flexibilidade e simplicidade do sistema de linha de ônibus.

A Figura 5 mostra um veículo do sistema BRT de Curitiba.



Figura 5 – BRT de Curitiba
Fonte: Diário do Transporte (2013).

Ainda que o desenvolvimento de sistemas BRT “Bus Rapid Transit” seja creditada à abertura do sistema de Curitiba (Brasil) em 1974, o conceito surgiu nos

anos 30, com a aplicação do Plano de Chicago, em 1937, que previa a conversão de três linhas férreas em linhas exclusivas para autocarros. Embora seja apenas um predecessor de muitos projetos BRT, a introdução de faixas exclusivas teve um papel importante no desenvolvimento do conceito (BRANCO, 2013, p. 3).

2.2 CRESCIMENTO DAS CIDADES

A facilidade de troca de informações com outras localidades, a evolução dos sistemas de transporte influenciam diretamente o crescimento e o desenvolvimento econômico social de uma cidade. Por isso as primeiras cidades surgiram à beira do mar e dos grandes rios, já que o meio de transporte dominante no passado eram as embarcações (FERRAZ e TORRES, 2004, p. 21).

Com o transporte urbano foram possíveis atividades comerciais, industriais e educacionais, que é muito importante para a qualidade de vida da população (FERRAZ e TORRES, 2004, p. 21). O crescimento acelerado dos grandes centros urbanos do país distanciou as pessoas de suas principais atividades, em especial do local de trabalho. Esse afastamento provocou maiores deslocamentos e a necessidade de utilizar diferentes modos de transporte. Como resultado para o sistema de transporte, ocorreu um aumento do tempo médio de deslocamento e do custo, diminuição da segurança e conforto para os usuários, dificuldade para obter informações operacionais do sistema, aumento dos congestionamentos e da poluição do meio ambiente (BATISTA, 2002, p. 1).

Grande parte das cidades de médio e grande porte possui algum tipo de transporte público urbano. As atividades sociais, econômicas, recreativas, esportivas, religiosas, etc. dependem do transporte público. Por exemplo, o modo mais utilizado por grande parte dos clientes e trabalhadores do comércio e da indústria são os meios de transporte público, seja por necessidade ou preferência (FERRAZ e TORRES, 2004, p. 21).

O Brasil possui uma população de aproximadamente 206 milhões de habitantes, com uma densidade demográfica de 24 hab/km² e a maior parte da população residem em áreas urbanas (IBGE, 2016). O grande crescimento da

população gerou uma série de problemas para as cidades, tais como acidentes de trânsito, constantes congestionamentos, transportes públicos frágeis e número insatisfatório de veículos para o transporte de produtos e pessoas. Devido a essa expansão, há a necessidade de serem ampliados o sistema viário, a oferta e melhorias no transporte público urbano (FERREIRA, 2007, p. 6).

2.3 MODOS DE TRANSPORTE URBANO

De acordo com Ferraz e Torres (2004, p. 25), o transporte urbano de passageiros pode ser classificado em três grandes grupos: privado ou individual, coletivo ou de massa e semipúblico.

2.3.1 Privado ou individual

Os veículos são conduzidos por um dos usuários, que pode escolher livremente o caminho e o horário de partida. Possui uma total flexibilidade de uso no espaço e no tempo. O transporte é feito de porta a porta, sendo, em geral, pequenas as distâncias a serem percorridas a pé para completar as viagens. A capacidade do veículo é pequena, os modos mais comuns de transporte privado são: a pé; bicicleta; motocicleta; automóvel; montado em animal e veículo com tração animal.

- A pé: a locomoção a pé é um modo essencial de transporte urbano. Muito utilizado para percorrer pequenas distâncias, incluindo complementação dos outros modos de transporte. Em cidades de países pobres, a locomoção a pé é usada não só para pequenas distâncias, é grande o número de pessoas que se deslocam desse modo por não ter condições econômicas de utilizar outro meio. Algumas melhorias que podem ser feitas para esse modal são a implantação de vias exclusivas para pedestres (calçadões) na região comercial do centro das cidades, semáforos para pedestres, como mostra a Figura 6, passarelas ou

passagens subterrâneas para cruzar vias movimentadas, sinalização de faixas onde o pedestre tem prioridade no trânsito, entre outros.



Figura 6 – Semáforo para pedestre em João Pessoa – PB
Fonte: Ribeirãotopia (2016).

A Figura 7 mostra uma passarela na cidade de São José dos Pinhais.



Figura 7 – Passarela em São José dos Pinhais, região metropolitana de Curitiba
Fonte: Tribuna (2014).

A Figura 8 é o exemplo de uma via exclusiva para pedestre em Londrina.



Figura 8 – Calçadão de Londrina
Fonte: Bonde (2015).

- **Bicicleta:** bastante utilizada em deslocamentos urbanos no mundo todo. Por causa do baixo preço do equipamento e do custo de operação ser praticamente zero, ela é muito usada nos países pobres. Também em alguns países ricos como Holanda, Suécia, Finlândia, Noruega, entre outros por tradição e opção da população.

Por não ser poluente e não consumir energia não renovável tem sido bastante defendida por movimentos ecológicos.

O incentivo do transporte por bicicletas pode ser através de pintura de faixas exclusivas nas ruas (ciclo faixas), implantação de vias exclusivas para bicicletas (ciclovias), ilustrada na Figura 9, implementação de estacionamentos cobertos com dispositivos para prender as bicicletas, etc.



Figura 9 – Faixa exclusiva para ciclistas em Amsterdã
Fonte: Viagem na Viagem (2013).

A cidade de Amsterdã, na Holanda, possui sinais para ciclistas como mostra a Figura 10.



Figura 10 – Sinal para ciclistas em Amsterdã
Fonte: Viagem na Viagem (2013).

- **Motocicleta:** Principalmente nos países tropicais onde o clima é ameno quase o ano todo, esse modo de transporte tem aumentado bastante. A seu favor temos que o preço e custo de operação são menores que nos carros, reduzido consumo

de combustível, baixa taxa de poluição e pequeno espaço para circulação e estacionamento. Alguns problemas das motocicletas são a pouca segurança e desconforto ou impedimento do uso em condições atmosféricas adversas.

- Carro: um dos principais modos de transporte urbano da atualidade. A produção em grande escala e a fabricação de veículos populares fizeram com que o carro se tornasse acessível a grande parte da população, especialmente nos países desenvolvidos.

Proporciona-nos uma total flexibilidade de uso no tempo e espaço e de propiciar um deslocamento porta a porta, permite também carregar pequenas cargas, além da privacidade e conforto.

As cidades têm expandido bastante seus sistemas viários para comportar a grande demanda de viagens por carro com construções de viadutos, pontes, estacionamentos, vias expressas, etc. Boa parte das cidades grandes de países desenvolvidos possuem centrais de controle do tráfego nas vias, onde controlam os tempos de semáforos e avisam os usuários através de painéis digitais sobre as condições do tráfego.

- Tração Animal: o transporte urbano de pessoas utilizando tração animal, normalmente charrete (veículo de duas rodas) ou carruagem veículo de quatro rodas, é relevante nas cidades menores de países pobres. Em alguns lugares a charrete é usada para o turismo, como exibi a Figura 11.



Figura 11 – Passeio de charrete no Parque de Sintra (Portugal)
Fonte: Parque de Sintra (2016).

2.3.2 Público, coletivos ou de massa

Em geral, os transportes coletivos pertencem a uma empresa e operam em rotas e horários predefinidos. Sem flexibilidade de uso no tempo e espaço e o transporte não ocorre de porta a porta, na maioria dos casos é preciso caminhar para completar as viagens. Veículos com grande capacidade sendo compartilhada por outros passageiros. Os modos mais comuns de transporte são: ônibus, bonde, metrô e trem suburbano (metropolitano).

- **Ônibus:** um autocarro ou ônibus é um veículo que tem como objetivo transportar um elevado número de pessoas. Esse transporte costuma ser feito em meios urbanos ou interurbanos. Também podem ser usados para excursões, sendo que alguns destes são autocarros turísticos, que passam pelos locais mais conhecidos de grandes cidades, como exemplo da Figura 12. Um autocarro pode ser simples, de dois andares ou articulado e necessitam ter dimensões

compatíveis com a geometria das vias urbanas de acordo com a largura das faixas de trânsito e aos raios das curvas.

A capacidade dos micro-ônibus usados no transporte público urbano é em torno de 25 a 50 usuários, os ônibus comuns têm capacidade de 60 a 105 passageiros. Os ônibus articulados têm capacidade para até 180 passageiros e os biarticulados, para até 240 passageiros.



Figura 12 – Ônibus de turismo em Porto Alegre – RS
Fonte: Ventana del Transporte (2012).

- Bonde: pelo bonde ter sido o primeiro veículo motorizado utilizado no transporte urbano de pessoas, é comum a ideia de um transporte ultrapassado. Porém, o bonde com moderna tecnologia tem sido utilizado em algumas cidades do mundo com bom desempenho. Deslocam-se com tráfego normal e com sistema de bilhetagem, automático ou manual, dentro do veículo. Sua capacidade mais comum é de 70 a 250 passageiros. Exemplo de bonde na Figura 13.



Figura 13 – Bonde em Nova Orleans
Fonte: Turista profissional (2015).

- Metrô: trens urbanos que se deslocam por vias específicas isoladas e com operação automática. Os metrôs são movidos a energia elétrica com alto nível de automação. Com capacidade para 150 a 250 passageiros, normalmente é realizado em comboios de 4 a 10 unidades agrupadas. Normalmente as vias são subterrâneas, embora tenha alguns trechos aéreos ou no nível do solo. Na Figura 14 o MetrôRio, o metrô do Rio de Janeiro.



Figura 14 – Metrô no Rio de Janeiro
Fonte: MetrôRio (2016).

- Trem suburbano: o trem suburbano (metropolitano) é um transporte de características regionais feito nas grandes metrópoles por trens comuns utilizando as mesmas vias do transporte ferroviário interurbano. Possui capacidade de 150 a 250 passageiros, o transporte é realizado em comboio de 4 a 10 carros. Com bilhetagem nas estações o nível de automação é variado.

2.3.3 Semipúblico

Com características intermediárias entre os modos privados e públicos, o veículo pertence a uma empresa ou indivíduo e tem rotas e horários adaptáveis aos desejos dos usuários em vários graus.

Os modos de transporte semipúblico podem ser agrupados em três tipos: transporte privado com uso modificado, transporte contratado e transporte regular flexível. Os transportes privados, que são os carros alugados e o transporte solidário. Os transportes contratados, que são peruas de transporte compartilhado e veículos fretados. Transporte regular flexível são os modos táxi e as lotações.

- Carro alugado: pode ser alugado por determinado período de tempo, com a cobrança sendo realizada em função do tempo de locação e da quilometragem percorrida, ou apenas tempo de locação. O abastecimento de combustível é por conta do locador, com esse modo o usuário passa efetivamente a ter um veículo particular dentro do período de locação.
- Transporte solidário: conhecido como carpool nos Estados Unidos foi muito incentivado durante a crise do petróleo na década de 1970. Duas ou mais pessoas utilizam o mesmo carro para fazer viagens regulares onde há relativa coincidência nos horários de ida e volta, e nas origens e destinos. É comum o revezamento de carros entre os integrantes do grupo.
- Transporte compartilhado: grupo de pessoas viajando regularmente em um veículo tipo perua (van), de posse de um deles, que é pago pelo serviço. Também foi incentivado durante a crise do petróleo.

- Transporte fretado: é um serviço com horários e trajetos predefinidos, contratado para transportar pessoas até o local de estudo, trabalho, entre outros. Normalmente os veículos pegam e deixam as pessoas na suas casas ou próximo. Veículos geralmente utilizados são peruas (vans), micro-ônibus e ônibus, sendo contratado por empresas, escolas, etc.
- Táxi: esse serviço são carros alugados com condutor, encontra-se em praticamente todas as cidades do mundo. Outros veículos também têm sido utilizados nos serviços de táxi: motocicleta, charrete, triciclo, etc. Para usar este serviço, devem solicitar por telefone ou ir até o ponto-base. Esse modo de transporte é de grande importância para população, além da flexibilidade de horários e rotas, tem outras vantagens: a não propriedade do veículo, a não necessidade de dirigir, a não necessidade de estacionar e a não responsabilidade em caso de acidentes. A Figura 15 mostra um bicitáxi em Paris.



Figura 15 – Bicitáxi em Paris (França)
Fonte: Repiquete no Meio do Mundo (2012).

- Lotação: nos países menos desenvolvidos, onde o transporte público regulamentado é deficiente ou inexistente as lotações são bastante utilizadas. São peruas (vans) ou micro-ônibus conduzidos geralmente pelo próprio proprietário.

Em algumas cidades é realizado de forma desregulamentada, os próprios operadores definem os itinerários, os horários e muitas vezes até mesmo a tarifa. Sabendo que é necessário cinco a dez veículos tipo perua para levar a mesma quantidade de passageiros de um ônibus convencional, é possível imaginar o prejuízo causado no trânsito e ao meio ambiente.

2.3.4 Flexibilidade e capacidade dos diversos modos

Segundo Ferraz e Torres (2004, p. 69), os modos de transporte possuem características diferentes quanto à flexibilidade de uso no tempo e no espaço e também em relação à capacidade. A Figura 16 mostra essa relação, os modos privados apresentam alta flexibilidade e baixa capacidade, ao contrário dos modos públicos, que têm baixa flexibilidade e alta capacidade. Entre os dois aparecem os modos semipúblicos, que ficam na média.

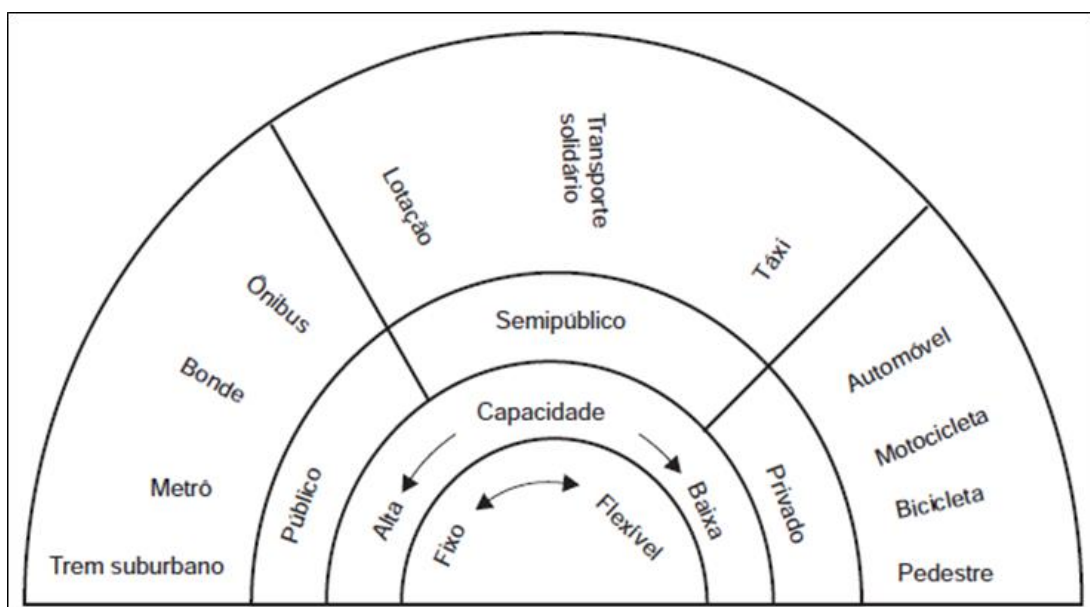


Figura 16 – Comparação de flexibilidade e capacidade dos modos de transporte
 Fonte: Ferraz e Torres (2004).

2.4 TRANSPORTE PÚBLICO x TRANSPORTE INDIVIDUAL

A distribuição e quantidade de viagens urbanas realizadas dependem do tamanho e topografia das cidades, desenvolvimento socioeconômico do país e da cidade, do clima, da cultura, da existência de políticas de restrição ao uso do transporte individual, custo e qualidade do transporte público, da facilidade para locomoção a pé e de bicicleta, etc. (FERRAZ e TORRES, 2004, p. 84).

O uso do transporte individual tem sido incentivado nas últimas décadas pelas políticas nacionais no Brasil, fazendo com que o automóvel fosse ocupando progressivamente o espaço do transporte público nos investimentos do governo e no uso do espaço viário, aumentando ainda mais o processo de exclusão social da população de baixa renda, a qual, por ser usuária cativa do transporte público, teve seu acesso às oportunidades de trabalho e serviços básicos cada vez mais limitados. (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS, 2013, p. 34).

Pode-se argumentar que o maior gasto das famílias brasileiras com transporte individual é positivo, dado que parte da população esteve excluída do processo de consumo de bens duráveis no país nos últimos anos. No entanto, do ponto de vista do funcionamento das cidades, esta tendência de aumento do transporte individual privado e da redução do transporte público e coletivo é bastante preocupante, porque o transporte individual gera maiores consequências desfavoráveis, por demandar maior espaço urbano, ter menor eficiência energética e ambiental, e gerar maior quantidade de acidentes de trânsito urbanos.

Com a falta do espaço viário urbano diante de uma demanda desproporcionalmente crescente, cada vez mais é necessário que se priorize o transporte coletivo. Da mesma forma, torna-se importante que o transporte público seja mais atrativo para o usuário do transporte individual, e não simplesmente se restrinja a utilização deste, sem que lhe seja dado alternativas de mobilidade, pois caso contrário, o transporte coletivo deixa de ser socialmente justo, que é um de seus objetivos, por ser excludente para determinados grupos (BATISTA, 2002, p. 21).

A Figura 17 ilustra a excessiva ocupação do espaço viário nas viagens por automóvel em relação ao transporte por ônibus e a pé.



Figura 17 – Espaço viário ocupado em diferentes modos de transporte urbano
Fonte: Vuchic (2000).

Segundo Ferraz e Torres (2004, p. 91), muitas cidades têm implementado medidas para diminuir o uso de veículos particulares, devido ao uso intenso do automóvel. Algumas dessas medidas:

- Melhorar o transporte público coletivo, implantação de linhas de metrô ou ônibus com novas tecnologias;
- Proporcionar serviço de transporte público de qualidade superior para os usuários viajem de maneira mais confortável e rápida;
- Conseguir subsídio à tarifa tornando-a mais acessível;
- Priorizar o transporte público nas vias (diminuição do tempo de viagem e redução do preço);
- Fazer rodízio dos veículos nos dias úteis da semana;
- Cobrar tarifação viária por meio de pedágios para veículos que passam na região central das cidades;
- Proibir o acesso de automóveis em determinados locais da área central das cidades;
- Incentivar a integração automóvel-transporte público, estabelecendo estacionamentos com tarifas baixas junto às estações e terminais de transporte público;
- Incentivar o transporte à pé e por bicicleta;
- Proibir de estacionamento em vias com grande movimento;
- Aumentar o preço dos estacionamentos nas vias públicas centrais;
- Estimular a população a utilizar o transporte público e a bicicleta ao invés do automóvel nas viagens por motivo de trabalho ou estudo.

2.5 BREVE DEFINIÇÃO DOS MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Cada meio de transporte público apresenta uma tecnologia, vantagens, desvantagens e características que os tornam mais apropriados a uma determinada realidade. Diferenças em relação aos custos, desempenho, condições e preferências locais são fatores fundamentais na escolha do sistema.

Mostraremos agora uma breve definição de alguns meios de transportes públicos que estão relacionados com o sistema metrô do asfalto e serão citados no decorrer do trabalho.

2.5.1 Serviço convencional de ônibus

Sistema de transporte público urbano que normalmente tem um estigma negativo, relacionados ao fraco desempenho operacional. Os ônibus oferecem normalmente um serviço pouco confiável, lento e pouco confortável. Porém, esse sistema apresenta facilidade de implementação, grande flexibilidade e custos de investimentos relativamente baixos.

A Figura 18 mostra um ônibus do sistema de transporte público de Londrina.



Figura 18 – Ônibus circular de Londrina
Fonte: Taroba Londrina (2017).

2.5.2 Metrô

Trata-se de um sistema de transporte público ferroviário pesado, que transita sobre trilhos com diferença de nível. Subterrâneo em sua maioria, o que acaba aumentando consideravelmente os custos de implementação.

2.5.3 Metrô Ligeiro (LRT – Light Rail Transit ou VLT – Veículo leve sobre Trilhos)

Constituído por uma frota de veículos que transitam normalmente em faixas exclusivas com direito de passagem, é um sistema de transporte público ferroviário de tração elétrica. Em sua maioria no nível da superfície, originada da modernização dos sistemas de bonde, o VLT possui desempenho mais próximo do metrô que do modo rodoviário.

A Figura 19 ilustra um exemplo de VLT da França.



Figura 19 – VLT que circula nas ruas da França
Fonte: Yoshinaga (2007).

2.5.4 BRT (Bus Rapid Transit)

Já comentando anteriormente, BRT é um modo de transporte público sobre pneus. É um sistema rápido de alta capacidade que utiliza ônibus e introduz melhorias significativas ao nível da infraestrutura, nos veículos e no desempenho operacional, transformando num serviço com maior qualidade.

2.6 QUALIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

A crise pela qual o sistema de transporte público tem passado nas cidades brasileiras resulta na diminuição da receita fiscal e aumento dos custos, que pode ser causado pelo crescimento urbano, do aumento dos congestionamentos e da exigência dos usuários por um transporte de qualidade.

No boletim técnico “O Transporte Público e o Trânsito para uma Cidade Melhor” da Associação Nacional dos Transportes Públicos – ANTP (2002) encontra-se que o ônibus é o principal modal de transporte público de passageiros das cidades brasileiras, outro modal muito utilizado nas grandes cidades do Brasil e nos países desenvolvidos é o metrô. No Brasil, a frota de ônibus é considerada uma das maiores do mundo, com cerca de 120 mil veículos, além dos 2500 vagões de metrô e trens urbanos.

De acordo com Ferraz e Torres (2004, p. 101), são doze os principais fatores que influenciam na qualidade do transporte público urbano:

1. Acessibilidade: facilidade de chegar ao local de embarque e de sair do local de desembarque até alcançar o destino final da viagem. Está ligada a comodidade nos percursos à pé.
2. Frequência de atendimento: intervalo de tempo da passagem dos veículos de transporte público, que influencia o tempo de espera nos locais de parada.
3. Tempo de viagem: tempo gasto no interior dos veículos depende da velocidade média de transporte e da distância percorrida entre os locais de embarque e desembarque.

4. Lotação: quantidade de passageiros no inteiro dos veículos.
5. Confiabilidade: pontualidade e garantia que a viagem vai se realizar.
6. Segurança: acidentes envolvendo os veículos de transporte público e atos de violência no interior dos veículos e nos locais de parada.
7. Características dos veículos: tecnologia e o estado de conservação dos veículos.
8. Características dos locais de parada: sinalização adequada, calçadas com largura suficiente para os usuários que estão esperando e pedestres que passam, cobertura e bancos para sentar.
9. Sistema de informações: informações sobre horários e itinerários das linhas nos pontos e no interior do veículo.
10. Conectividade: facilidade de deslocamento dos usuários entre dois locais quaisquer da cidade.
11. Comportamento dos operadores: bom comportamento dos motoristas, conduzirem o veículo com habilidade e cuidado, tratar os passageiros com respeito.
12. Estados das vias: sinalização adequada, qualidade da superfície de rolamento, garantindo a segurança e o conforto dos passageiros.

Mais de 200 milhões de deslocamentos são feitos por dia nas cidades brasileiras, do qual metade é realizada à pé e por bicicleta e a outra metade por meios motorizados. Sendo que 60% dos deslocamentos por meios motorizados são feitos por transportes públicos, dos quais 94% equivalem aos ônibus, 5% metrô e trens e o restante por barcas (ANTP, 2002).

3 METRÔ DO ASFALTO

3.1 INTRODUÇÃO

Um transporte público eficaz é essencial para que uma cidade tenha um bom funcionamento. Para a maioria da população de cidades em desenvolvimento, o transporte coletivo é, na prática, a única maneira de acesso aos empregos, educação e serviços públicos. Hoje o serviço de transporte público nas cidades em desenvolvimento normalmente é pouco eficiente para atender as reais necessidades de mobilidade da população. Serviços de ônibus são frequentemente de baixa confiança, pouco convenientes e inseguros.

Para resolver esse problema, planejadores de transporte público e autoridades têm muitas vezes optado pelo transporte de massa, extremamente custosas, como metrôs ferroviários. As cidades só podem construir esses sistemas ao longo de poucos quilômetros e em poucos corredores limitados, devido aos altos custos de infraestrutura das linhas férreas. Como consequência temos um sistema que não atende às principais necessidades de transporte da maior parte da população. O Metrô do Asfalto é uma alternativa que pode oferecer alta qualidade de serviço, similar ao metrô, por um custo muito menor.

Neste âmbito, o presente capítulo pretende dar uma perspectiva ampla das características que fazem parte do Metrô do Asfalto, além de definir o conceito.

3.2 DEFINIÇÃO E CONCEITO METRÔ DO ASFALTO

O Metrô do Asfalto é uma ferramenta de mobilidade urbana coletiva que segundo estudos realizados neste trabalho usa autocarros que circulam em faixas ou vias exclusivas, com a intenção de promover um serviço eficaz, rápido, confortável e a custos baixos. Essencialmente o Metrô do Asfalto busca as melhores características dos modernos sistemas ferroviários e incorpora com a flexibilidade do sistema de veículos de transporte coletivo rodoviário. Sendo assim, busca melhorar

a confiabilidade, velocidade e conforto a custos alcançáveis para maioria das cidades.

3.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Pretende-se aqui efetuar uma análise de algumas características e elementos que foram planejados para o sistema do Metrô do Asfalto como infraestrutura viária, estações, veículos, tarifas e estratégia de marketing.

3.3.1 Infraestrutura viária

Um fator muito importante é a infraestrutura viária, um espaço dedicado para o veículo de transporte público que permite uma rápida movimentação com menor interferência possível. Assim, os veículos podem operar em vias exclusivas com ou sem separação física, faixas com tráfego misto ou vias totalmente dedicadas aos autocarros.

- Faixas exclusivas: são faixas reservadas para veículos de transporte público que não são separadas fisicamente, como ilustra a Figura 20. São utilizados pavimentos pintados com diferentes tonalidades, sinalizações e demarcações para diferenciar do resto do tráfego. Ainda assim, é capaz de compartilhá-la com outros veículos (FREITAS, 2015).



Figura 20 – Faixas exclusiva em São Paulo
Fonte: Prefeitura de São Paulo (2014).

A Figura 21 mostra uma faixa exclusiva para veículos de transporte público com dia e horário específico para funcionamento.



Figura 21 – Faixas exclusivas
Fonte: Ribeirãotopia (2015).

- Vias exclusivas: são vias exclusivas para veículos de transporte público separadas fisicamente. Sendo assim o acesso é totalmente dedicado aos autocarros, proibindo o acesso ao restante do tráfego. A separação é feita

através de guias, muros, cones ou outros elementos estruturais (FREITAS, 2015).

A Figura 22 ilustra uma via exclusiva para os veículos de transporte público.



Figura 22 – Vias exclusivas
Fonte: Freitas (2015).

A velocidade das linhas comerciais é um grande problema para o transporte público, como não há fluidez no tráfego, os tempos de percurso total da linha aumentam notavelmente. A quantidade de ônibus necessário para transportar passageiros a 20 km/h é a metade quando a velocidade é de apenas 10 km/h, como ilustra a Figura 23. Por isso criar condições para melhorar a fluidez do transporte público é essencial (REIS, 2013, p. 88).

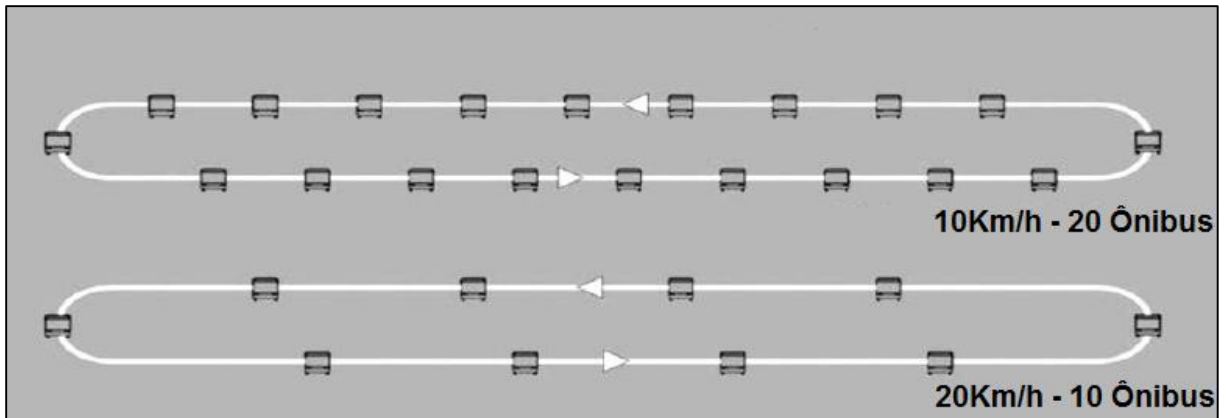


Figura 23 – Relação entre Frota e Velocidade
Fonte: Reis (2013).

A infraestrutura viária está exposta visualmente para o público em geral e não só para os passageiros, este pode ser utilizado para criar uma identidade visual e imagem do sistema. Com os pavimentos pintados de diferentes cores permite a distinção do restante do tráfego, podendo contribuir para aumentar a atratividade do sistema de transporte.

Além disso, as condições do pavimento influem na velocidade dos veículos, no conforto dos usuários e na imagem do sistema.

3.3.2 Estações

As estações são os pontos de acesso dos passageiros ao sistema Metrô do Asfalto, proporcionam interface física entre os usuários e o sistema. Com a colaboração de projetos complementares de especialidades (arquitetura, paisagismo, instalações elétricas, entre outras) o produto final deve ser uma estação moderna, segura, confortável e de fácil acesso a todos os utilizadores, inclusive portadores de necessidades especiais.

O espaçamento entre os pontos interfere na velocidade e a capacidade. Quanto maior o espaçamento maior a velocidade e capacidade atingidas e menos perdas de tempo com aceleração e redução dos veículos. Todavia, se as estações forem muito distantes, os passageiros terão que andar mais para encontrar um ponto e o maior volume de usuários nas entradas e saídas aumentarão o tempo nas paradas.

Neste sentido, os espaçamentos precisam ser muito bem analisados, de forma a otimizar essas distâncias deve-se implantar as estações perto dos destinos com maior procura, como centros comerciais, escritórios, escolas, dentre outros. Considerando faixas exclusivas já implantadas, o espaçamento será em média de 500 metros até 3 km em alguns casos, o que permite o aumento da velocidade no serviço.

A plataforma das estações deve ser planejada para ter a mesma altura do chão dos veículos. Assim, o tempo de entrada e saída dos usuários é reduzido, bem como auxilia a entrada de cadeirantes, crianças e idosos.

As estações devem possibilitar também controle de acesso à estação para evitar evasões tarifárias, utilizando portas de acesso ao veículo que devem abrir apenas à chegada do mesmo.

Deve possuir um sistema adequado de informações para os usuários. Este deve conter placas com nomes e direções, mapas das linhas e informações operacionais.

A Figura 24 mostra um exemplo de uma estação do BRT de Curitiba.



Figura 24 – Plataforma no mesmo nível do ônibus
Fonte: Arq Carol Carvalho (2012).

3.3.3 Veículo

Dado que os veículos são os elementos mais visíveis do sistema, não só aos usuários, mas a comunidade em geral, por isso tem grande influência na percepção de qualidade e identidade do sistema Metrô do Asfalto. Apesar de não ser tão importante como o tempo e viagem e custos, a imagem pode transmitir boa impressão pública e atrair novos clientes. Além do aspecto estético, os veículos são essenciais no desempenho do sistema e a seleção do veículo vai assumir uma forte influência nos custos.

Pensando nisso, para o veículo adaptamos uma carreta para que vire um transporte coletivo rodoviário, mas com algumas das características do metrô. Um exemplo foi a mudança do layout interno para que aumentasse a capacidade de passageiros, reduzindo a quantidade de bancos. Falaremos mais a frente sobre o projeto de adaptação do veículo.

3.3.4 Sistema Tarifário

Em boa parte dos sistemas convencionais de autocarros, o responsável por cobrar a tarifa de cada usuário é o motorista. O tempo de embarque fica sujeito ao tempo de cobrança, caso sofra algum atraso na cobrança todo serviço sofrerá perda de tempo ficando mais lento. Além de ser um desconforto para o usuário, fazer o pagamento dentro do veículo pode causar problemas de segurança.

O sistema de cobranças antes do embarque no autocarro, semelhante ao sistema de metrô, permite que diminua muito o tempo de embarque, como consequência temos uma grande economia no tempo de viagem. A incorporação de sistemas eletrônicos pode simplificar o controle do pagamento e venda, podendo também fazer a integração com outros modos de transporte.

Outro ponto que constitui essa estrutura é o nível tarifário que é o valor suficiente para garantir a cobertura dos ganhos e encargos da empresa operadora. Ele representa o valor da tarifa, podendo variar de zero até valores que assegurem

grandes ganhos ao operador. A compatibilização entre a definição do nível tarifário e a capacidade contributiva dos usuários é de difícil solução (BASTOS, 2012, p. 30).

De acordo com Orrico Filho e Pereira (1995), existem cinco principais tipos de estrutura tarifária:

- Tarifa única: é a cobrança de um único valor, qualquer que seja à distância percorrida. Este valor deve ser suficiente para garantir a receita total do sistema, se há empresas operando mesma área, algumas terão superávit e outras déficit, criando a necessidade de câmaras de compensação.
- Tarifa por linha: cada linha do sistema tem uma tarifa, não considerando o tempo e o comprimento da viagem. Para implantar os serviços devem ser diretos ou expressos, devem existir muitas ofertas de serviços com ligações diretas entre quase todos os pontos da cidade. Este tipo de tarifa há muito tempo não é utilizado.
- Tarifa por tempo: a tarifa temporal é cobrada levando em consideração o tempo previsto para o deslocamento. É de difícil implementação, os sistemas de bilhetagem e fiscalização necessitam de equipamentos mais desenvolvidos do ponto de vista tecnológico.
- Estrutura zonal de tarifas: a tarifa única é aplicada dentro de cada zona ou área e as viagens entre zonas ou áreas necessitam ter uma complementação, pela diferença entre os valores de cada zona ou área.
- Integração tarifária: permite que com único pagamento o usuário utilize dois ou mais modos de transporte. O valor da tarifa integrada deverá ser menor que a soma dos valores das tarifas de cada modo individualmente. Têm grande possibilidade de causarem desequilíbrios financeiros no sistema, necessitando muitas vezes de subsídio.

No Brasil cerca de 70% das cidades com população acima dos 100 mil habitantes adota tarifa única, independente da distância ou local do deslocamento feito pelo passageiro, o valor tarifário é o mesmo. Essa preferência de estrutura tarifária é pela facilidade da cobrança, melhor controle das receitas, simples compreensão dos usuários e o “subsídio” entre os usuários de viagens curtas e longas (BASTOS, 2012, p. 31).

Após a escolha da estrutura tarifaria temos a seleção do meio de pagamento. As tecnologias de cobrança são sistemas de equipamentos, de procedimentos e de programas utilizadas para venda e controle de tarifas.

De acordo com Branco (2013, p. 36), os meios de pagamentos mais utilizados nos meios de transportes coletivos são: dinheiros ou fichas, bilhetes de papel, cartões magnéticos o cartões eletrônicos.

Dentre estes merece destaque os cartões eletrônicos que representam a forma mais avançada de cobrança de tarifas. Os cartões eletrônicos permitem ler e processar uma grande variedade de informações que podem contribuir para futuros desenvolvimentos do processo. Além disto, uma maior gama de opções de estruturas tarifárias é possível, como tarifas por distância, com descontos e de múltiplas viagens. Como desvantagem da opção por cartões eletrônicos temos os custos de equipamentos e de implementação relativamente altos, incluindo o preço do próprio cartão, assim como exigem um maior nível de complexidade. No entanto, comparativamente com os cartões magnéticos, apresentam custos de manutenção mais baixos devido à maior durabilidade dos cartões (BRANCO, 2013, p. 36).

Na Figura 25 temos um exemplo do cartão eletrônico sendo utilizado.



Figura 25 – Uso do cartão eletrônico em ônibus convencional
Fonte: Carta Campinas (2014).

3.3.5 Estratégia de Marketing

O rotulo negativo vinculado aos sistemas de autocarros convencionais pode atrapalhar a utilização do novo sistema de transporte proposto. Deste modo, anunciar a inserção de um sistema novo de transporte deve ser uma tarefa persistente e com autenticidade.

Sendo assim, o incremento de um plano de marketing pode ajudar muito para o sucesso do Metrô do Asfalto. É considerável então que se crie uma marca, uma identidade forte na qual as pessoas se identifiquem e consigam enxergar as vantagens do sistema. Um nome e um logo de impacto podem contribuir para isso, uma estratégia envolvendo meios de comunicação para promover o sistema também é importante como anúncios, rádio, televisão, entre outros. Deve-se também ressaltar a insatisfação com o sistema vigente.

É importante focar diferentes públicos de interesse, atraindo novos utilizadores e mantendo os que já utilizam meios de transportes públicos e previam adquirir um veículo particular. Isso deve ser um trabalho continuo mesmo após a implementação do sistema.

4 MEIO AMBIENTE

O transporte rodoviário é predominante nos grandes centros urbanos, com participação significativa do automóvel particular. Nas últimas décadas, houve um aumento na maioria das cidades da dependência de automóveis e houve paralelamente uma queda no uso do transporte público coletivo. O excesso de automóveis em circulação é a principal causa de congestionamentos e da deterioração da qualidade do ar, afetando a saúde da população, sobretudo nas grandes cidades. É expressivo o crescimento da frota mundial de veículos, que de 53 milhões de unidades em 1950, passou para 547 milhões em 2000. Em 2006, a frota mundial já contava com 635 milhões de automóveis (MOTTA, 2009, p. 20).

O agravamento das condições ambientais preocupa em nível mundial. Referente ao transporte, as emissões atmosféricas, e indispensavelmente o dióxido de carbono (CO_2), constituem o principal foco de atenções para reverter o painel de mudanças climáticas. O setor é responsável por 23% do total de emissões de gases do efeito estufa no mundo, fatia que deve crescer 50% até 2030 (OLIVEIRA, 2014, p. 1).

Em função da abrangência dos impactos causados pelos seus principais poluentes pode-se classificar a poluição veicular em local e global. Quando locais, causam danos na área do entorno em que é realizado o serviço de transporte. Por exemplo, os ruídos gerados pelos motores dos veículos e a fuligem expelida dos escapamentos que se acomodam nas ruas, nos passeios e nas fachadas dos imóveis. Entram ainda nessa categoria os poluentes que se movem de uma região para outra pelas correntes de ar, no caso de gases que causam a chuva ácida, por exemplo, o efeito smog é a formação de uma névoa densa devido à grande concentração de ozônio (O_3) no ar. Os poluentes globais são gases que são expelidos para a atmosfera e acabam impactando todo o planeta por meio do aquecimento global, no caso da emissão de gases de efeito estufa (GEE). O principal poluente nessa categoria é o dióxido de carbono (CO_2), que serve também como unidade de equivalência para os demais GEE (CARVALHO, 2011, p. 8).

De acordo com Oliveira (2014, p. 1), no Brasil, em 2013, as emissões pelo transporte corresponderam a 46% do total de emissões antrópicas geradas no país. Os veículos motorizados são responsáveis pela geração de mais de 210 milhões de

toneladas de CO₂ (MMA, 2013) e os poluentes atmosféricos locais liberados – MP, NOx e SOx – acarretam um custo anual por doenças respiratórias que atinge o patamar de R\$ 7,9 bi de reais, o equivalente a 0,35% do PIB.

- Poluentes locais

Afirma Carvalho (2011, p. 19), os poluentes locais influenciam especificamente as áreas de abrangência da circulação do transporte. O transporte motorizado, baseado na queima de combustíveis fósseis, é culpado pela emissão de vários poluentes nocivos à saúde e que degradam o ambiente urbano, com destaque para o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os materiais particulados (MP), os óxidos de nitrogênio (NOx) e os óxidos de enxofre (SOx). As características desses poluentes são:

- i. Monóxido de Carbono (CO): Composto gerado pela combustão incompleta de combustíveis que contenham carbono em sua composição.
- ii. Óxidos de Nitrogênio (NOx): A principal fonte deste poluente é a combustão, já que grande parte dos processos de combustão ocorrem em presença do ar, e o nitrogênio (N₂) é o gás mais abundante na atmosfera. Também podem ser gerados por processos de descargas elétricas na atmosfera.
- iii. Hidrocarbonetos (HC): São resultantes da queima incompleta dos combustíveis e da evaporação desses e de outros materiais, como solventes orgânicos.
- iv. Material Particulado (MP): Partículas de material sólido e líquidos capazes de permanecer em suspensão, como é o caso da poeira, da fuligem e partículas de óleo. Esses poluentes podem ter origem nos processos de combustão (fuligem e partículas de óleo) ou ocorrer por fenômenos naturais, como é o caso da dispersão do pólen ou da suspensão de material particulado pela ação do vento.
- v. Óxidos de Enxofre (SOx): São produzidos pela queima de combustíveis que contém enxofre em sua composição, além de serem gerados em processos biogênicos naturais.

O quadro 1 descreve os efeitos nocivos da alta concentração desses poluentes:

Poluente	Impacto
CO	Atua no sangue reduzindo sua oxigenação, podendo causa a morte após determinado período de exposição
NOx	Formação de dióxido de nitrogênio e na formação do smog fotoquímico e da chuva ácida. É um precursor do O ₃ , que causa vários problemas respiratórios na população
HC	Combustíveis não queimados ou parcialmente queimados formam o smog e os compostos cancerígenos. É um precursor do O ₃
MP	Pode penetrar na defesa do organismo, atingir os alvéolos pulmonares e causa irritação, asma, bronquite e câncer de pulmão. Sujeira e degradação de imóveis próximos aos corredores de transporte
SOx	Precursor O ₃ , formando a chuva ácida e degradando vegetação e imóveis

Quadro 1 – Efeitos nocivos dos principais poluentes veiculares locais
 Fonte: Adaptação de Carvalho (2011).

O Gráfico 1 mostra a contribuição das fontes de poluentes locais na região metropolitana de São Paulo, como podemos ver os transportes urbanos são responsáveis por boa parte das emissões (CARVALHO, 2011, p. 21).

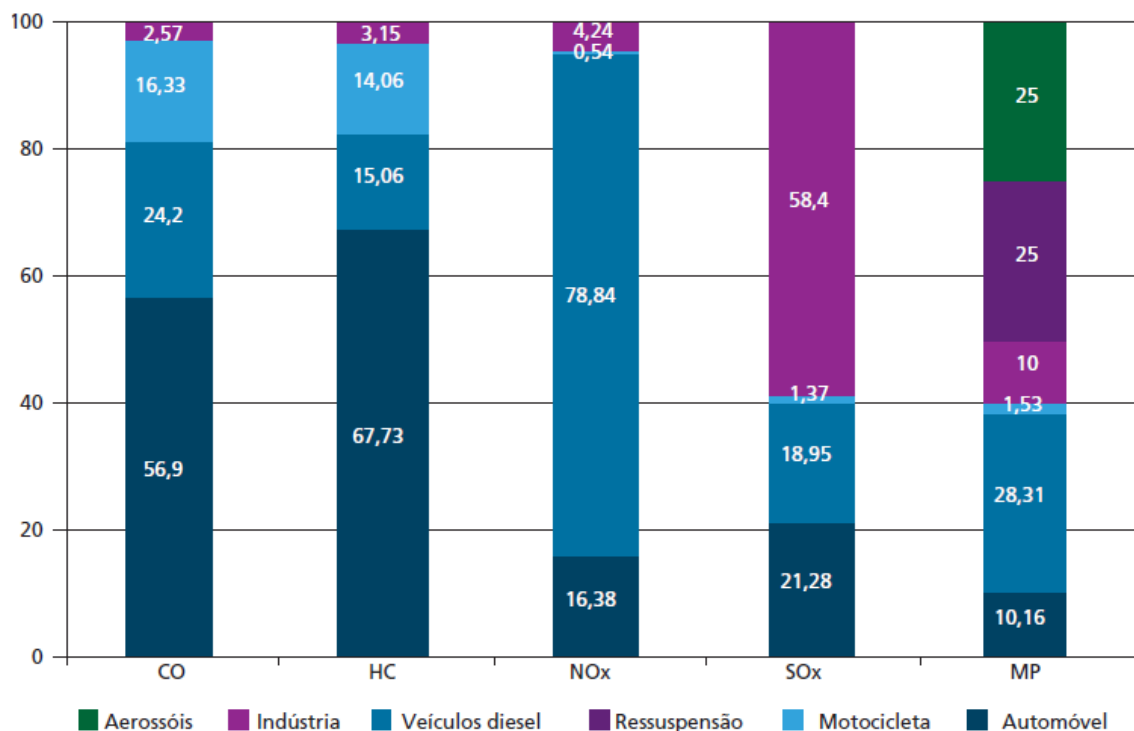


Gráfico 1 – Contribuição das fontes de poluentes locais (em %)
 Fonte: Carvalho (2011).

- Poluente Global

Como visto anteriormente os poluentes globais são gases que são expelidos para a atmosfera e acabam impactando todo o planeta, tendo como principal poluente dessa categoria o dióxido de carbono (CO₂).

Os transportes respondem por cerca de 20% das emissões globais de CO₂, que é um dos principais gases causadores do efeito estufa. No Brasil, o setor de transporte responde por cerca de 9% das emissões totais de CO₂, sendo que as queimadas respondem com mais de 70% delas (CARVALHO, 2011, p. 9).

O quadro 2 revela as emissões relativas de CO₂ do transporte urbano:

Modalidade	Emissões quilométricas (KgCO₂/ Km)	Ocupação média veicular (Passageiros)	Emissões/ Pass. Km Kg CO₂/ pass. km
Metrô	3,16	900	0,0035
Ônibus	1,28	80	0,0160
Automóvel	0,19	1,50	0,1268
Motocicleta	0,07	1,00	0,0711
Veículos Pesados	1,28	1,50	0,8533

Quadro 2 – Emissões relativas de CO₂ do transporte urbano

Fonte: Adaptação Carvalho (2011).

Descreve Carvalho (2011, p. 17), fica nítido que a redução das emissões dos gases de efeito estufa passa pelo incentivo e pela melhoria dos sistemas de transporte público coletivo. Mesmo os sistemas de ônibus, que fazem o uso do óleo diesel como combustível, são muitas vezes menos poluentes, tendo em vista as emissões de gases de efeito estufa, do que as viagens por transporte privado.

Levando ainda em consideração estudos feitos por Motta (2009, p. 34) na Transmilênio (Bogotá), sobre os impactos ambientais que o transporte rápido e de alta capacidade de ônibus tem na poluição local e na emissão de gases do efeito estufa, temos resultados muito positivos. As análises mostram que com os passageiros usando o transporte rápido de alta capacidade no lugar dos ônibus convencionais e veículos leves obteve-se uma redução de 30% nos ruídos em seus corredores e arredores e redução da emissão de poluentes em torno de 46%.

5 CUSTOS E PRAZOS

5.1 CÁLCULO E COMPARAÇÃO DE CUSTOS

Na busca para calcular o quanto custaria em média para produzir o metrô do asfalto, tomamos como base preços médios de caminhões e carretas prancha encontrados no mercado:

- O preço de um caminhão Ford ano 2010 gira em torno de 100000 reais;
- Preço unitário médio de poltronas, 150 reais, porém em cada veículo têm 22 poltronas totalizando 3300 reais;
- Preço de uma carreta prancha, como a da figura 26, em média, 80000 reais.

Na Figura 26 mostra a carreta prancha que foi utilizada para retirar as medidas usadas no projeto.



**Figura 26 – Carreta prancha semi reboque Rodokinho (medidas utilizadas no projeto)
Fonte: Caminhões & Carretas (2016).**

Incluindo mais alguns custos com materiais e mão de obra, cada veículo custaria aproximadamente 190 mil reais, comparando com um ônibus urbano

convencional, segundo uma notícia do jornal “O Tempo” (2014), o preço é de 260mil reais. Alguns modelos novos custam mais de 350 mil reais e ônibus sanfonados em torno de 840 mil reais.

Em relação à infraestrutura a diferença entre o investimento para implementação dos modos rodoviários para os modos ferroviários é enorme. Apesar de que, o intervalo de valores de cada sistema dependa das características selecionadas e da natureza dos custos locais, a diferença entre sistemas rodoviários, como ônibus convencional e sistemas BRT (bus rapid transit), e sistemas ferroviários, como metrô e LRT (light rail transit), é extremamente elevada.

Segundo Branco (2013), um sistema de transporte rápido de alta capacidade, como BRT, custa cerca de 4 a 20 vezes menos que um sistema LRT, e entre 10 a 100 vezes menos que um sistema de metro. Em relação ao ônibus convencional, os valores de investimento de sistemas rápidos de transporte são ligeiramente superiores, devido à implementação de várias características para aumentar a qualidade e desempenho do serviço. Números estes que estão melhor evidenciados na Figura 27.

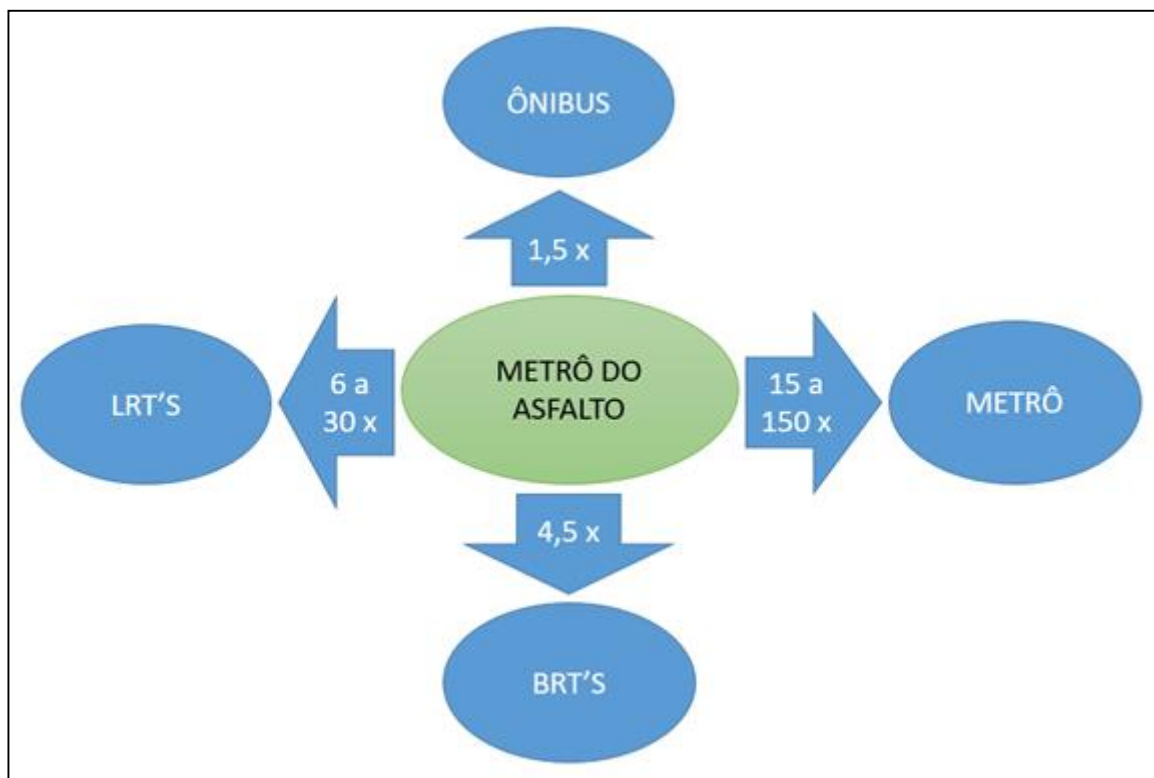


Figura 27 – Comparação de Custos para Implantação.
Fonte: Autoria própria

Uma estratégia que pode minimizar muito os custos do veículo é o reaproveitamento das carretas. Empresas que possuem frotas de carretas para transportar seus produtos, quando forem vendê-las para renovar a frota ou porque já não estejam em condições de transitar nas rodovias poderiam ceder estas para que pudéssemos reaproveitá-las. Na rodovia é exigido muito das carretas, tanto na questão da velocidade quanto na carga transportada. O sistema metrô do asfalto pode aproveitar as carretas para adaptá-las, utilizando para transitar dentro das cidades em velocidades mais baixas não exigindo tanto delas.

Em troca o sistema metrô do asfalto faria propaganda em seus veículos para essa empresa concedente das carretas. Pesquisando preços de anúncios em meios de comunicação como o jornal Folha de São Paulo (2014, p.7) com o intuito de melhorar a visibilidade destas empresas, foi calculado que para estampar o anúncio em uma página em um fim de semana (sábado e domingo), os custos não sairiam por menos de 600 mil reais.

E cedendo as carretas a empresa teria a propaganda estampada nos veículos que circulam durante todo dia por varias partes da cidade, o que seria muito bom para eles também.

Falando sobre custos operacionais, que se referem a custos fixos (salário, despesas administrativas, entre outros) e aos custos variáveis (combustível, eletricidade, manutenção, etc.) existem diferenças entre os países em desenvolvimento e os desenvolvidos, destacando os custos de mão-de-obra. Enquanto nos países desenvolvidos representam cerca de 35% a 75% dos custos operacionais, nos países emergentes podem apresentar porcentagens inferiores a 20%. Isso pode ser um fator para que os países em desenvolvimento escolha sistemas que requeiram maior equipe operacional como o Metrô do Asfalto, já que a parcela nos custos é menor e aumenta o número de empregos existentes (BRANCO, 2013, p. 48).

5.2 COMPARAÇÃO DE LUCROS

Para efeitos de cálculos e comparações foram tomados como base de dados o Instituto de Engenharia (2014, p.7) que diz que um ônibus básico tem a

capacidade de transportar 75 passageiros e para calcular o número de passageiros que o metrô projetado pode transportar, foi usado o número de seis passageiros por metro quadrado, multiplicando pela área livre no interior do veículo que não é ocupada pelos bancos (calculado aproximadamente 26,4 metros quadrados). Ou seja, somando os passageiros transportados em pé ($26,4 \times 6 = 158,4$) e os transportados sentados (22). Aproximando para um total de 180 pessoas como o número máximo de pessoas que podem ser transportadas de uma só vez. Números estes que são praticamente o triplo da quantidade que um ônibus pode transportar.

Usando valores de preços de tarifas similares aos ônibus, nosso metrô pode lucrar até três vezes mais que o sistema de ônibus, além de ser um modelo de transporte mais barato.

Lembrando que essa alta capacidade de transportar maior número de pessoas só é possível porque mesclamos características do sistema de metrô com o sistema de ônibus, uma delas foi a redução no número de bancos.

5.3 PRAZOS

Os tempos de planejamento e execução de sistemas de transporte rápido de alta capacidade são outro aspecto de grande destaque em relação às opções de base ferroviária. Normalmente, as perspectivas de tempo de planejamento de um sistema de transporte rápido situam-se entre 12 a 18 meses, enquanto a construção dos primeiros corredores normalmente é concluída num período de 12 a 24 meses. Os primeiros 40 km do sistema TransMilenio de Bogotá, foram planejados e construídos durante os três anos de mandato do prefeito Enrique Peñalosa. A Fase I do sistema BRT de Beijing foi planejada em apenas cinco meses (BRANCO, 2013, p. 48).

Já um sistema de base ferroviária requer um processo de planejamento mais complexo e demorado. Verificou-se que, em geral, são precisos mais de 3 ou 5 anos para completar este processo. Os prazos de execução podem atingir os 10 anos. A complexidade do projeto, a escala das obras e obtenção de financiamento podem representar atrasos consideráveis na construção destes sistemas (BRANCO, 2013, p. 48).

6 ESTRATÉGIAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO METRÔ DO ASFALTO

O objetivo é estudar a implantação do Metrô do Asfalto em uma cidade de médio porte. Para isso será avaliadas rapidamente alternativas de transportes que poderiam competir com o transporte em estudo nesse trabalho.

Com a deficiência do sistema de transporte público, algumas grandes cidades buscam formas para melhorar o fluxo de pessoas. Então, a primeira alternativa seria a implantação do sistema de metrô que é o sonho de consumo de qualquer grande cidade. Porém muitas não têm estrutura para a implantação desse sistema. Além deste empecilho, existem outras barreiras que tornam a construção do sistema de metro inviável, que são o alto custo e o tempo de construção.

Segundo Senna (2013 apud SANTOS, 2013), o custo e a escassez de terras para desapropriar, associada às tecnologias cada vez mais sofisticadas para escavar túneis, encareceram por demais esse modelo de transporte. Senna ainda fala que o quilômetro construído do metrô não sai por menos de cem milhões de reais, podendo chegar a quinhentos milhões em metrópoles como São Paulo e Rio de Janeiro.

Porém uma cidade como Londrina não teria capacidade de suportar por ser uma cidade de médio porte e também pelo fato de ser muito cara a implantação desse sistema tendo em base as terras a desapropriar e a tecnologia utilizada para a escavação de túneis que são necessárias para a implantação deste. Também entra em pauta a demora para se implantar um sistema de transporte desse tipo, podendo levar anos.

Outra alternativa para sanar o problema de transporte público seria o ônibus, porém em relação aos metrôs têm uma capacidade bem menor de transportar pessoas, tendo em vista a quantidade de bancos que tem em um ônibus em comparação a um metrô, onde a maioria das pessoas são transportadas em pé.

Surgiu então a ideia de projetar e implantar o metrô do asfalto, que mescla algumas vantagens do metrô com outras do ônibus. Com a ideia de reduzir o tempo de implantação, que no caso de Londrina-PR utilizará a mesma linha que é utilizada pelos ônibus precisando apenas de construir as próprias estações que podem ser construídas em cima das calçadas.

Além disso, outro ponto de vantagem é que por se tratar de um sistema com menor custo pode ser implantado por qualquer empresa de engenharia, que seria impossível no sistema de metrô.

Foram utilizadas como exemplo duas avenidas do centro de Londrina, como mostra a Figura 28, que são interligadas para fazermos um estudo das estratégias para a implantação do sistema.

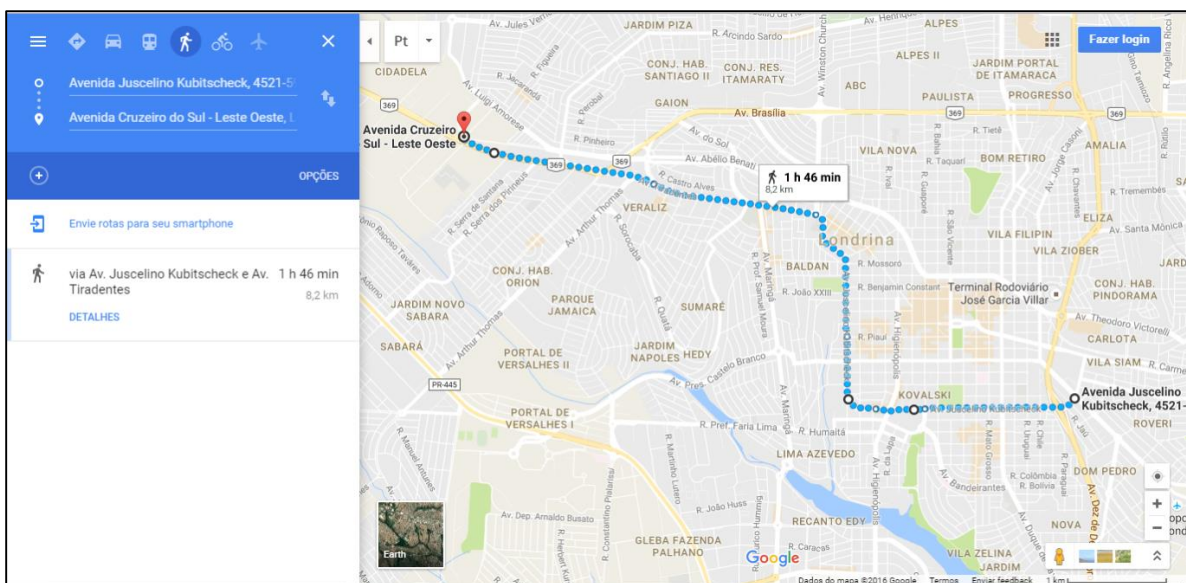


Figura 28 – Linha tomada como exemplo, que conecta duas avenidas no centro de Londrina
Fonte: Google Maps (2016).

Estrategicamente foram escolhidos dois locais onde possuem “rotatórias” nas duas extremidades do percurso para que se torne mais fácil a locomoção do nosso metrô de superfície.

A linha tem no total 16,4 km de extensão, sendo 8,2 km de ida e 8,2km de volta.

Ainda calculamos que um ônibus leva em média aproximadamente 32 minutos para se locomover de uma extremidade até a outra do seu percurso, que pode ser aproximado para o nosso sistema, pois utilizará a mesma linha que o ônibus utiliza. Segue a Figura 29.

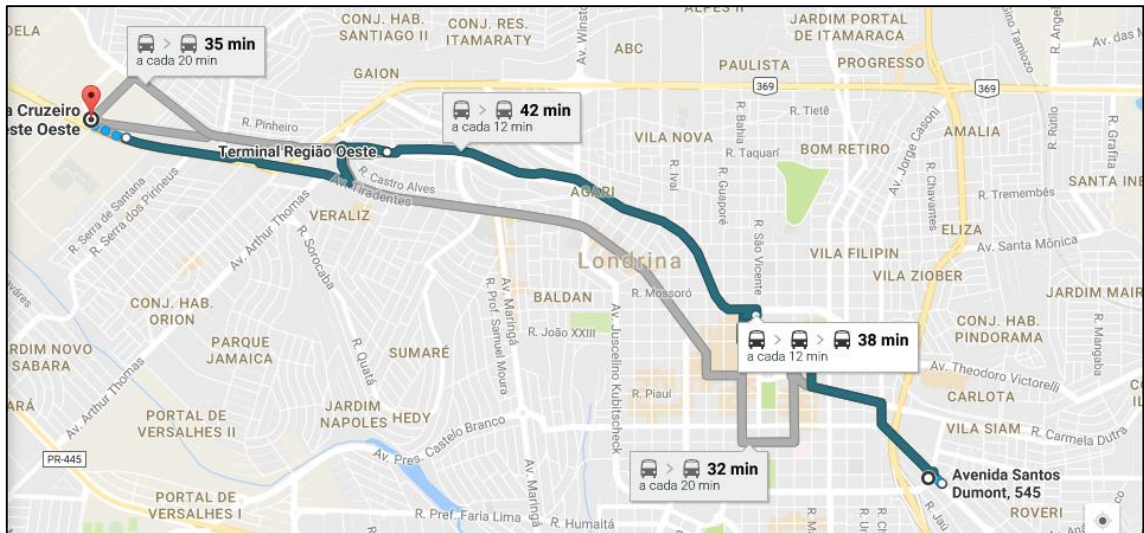


Figura 29 – Tempo aproximado para percorrer o trajeto
Fonte: Google Maps (2016).

Assim serão projetadas seis estações intercaladas a aproximadamente 2,73 km entre si. Colocaremos três metrô do asfalto para funcionar nessa linha, fazendo com que as estações fiquem sempre intercaladas (com ou sem metrô em cada estação).

Resultando assim que o passageiro terá que esperar no máximo somente 10 minutos aproximadamente para que o próximo metrô passe em cada estação. Levando uma vantagem já em relação aos tempos que os ônibus deixam os passageiros esperando.

7 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do projeto do metrô, estação e rampa, utilizamos o software Solid Works.

Já com relação aos métodos utilizados na montagem do projeto, utilizamos vários recursos que o software possui:

- Ressalto base/extrudado para a construção de paredes e sólidos retos;
- Ressalto base/varrido para a construção de alguns recursos sólidos através de algum caminho desenhado como, por exemplo, os corrimãos e balaústres;
- Corte extrudado para formar algum perfil desejado, utilizado na construção das rampas;
- Filetes para arredondamento de arestas;
- Padrão linear para copiar recursos como as poltronas do metrô;
- Construção de novos planos para que cada esboço fosse desenhado nos lugares desejados para a elaboração dos recursos;
- Para a construção de esboços foram utilizados vários recursos mais simples como linha, círculos, retângulos, splines, offset de entidades, aparar entidades, dimensão inteligente para que cada medida seja certa e conferida e alguns outros para melhor visualização do projeto em cada vista.

Como o metrô do asfalto terá parada somente nas estações e sua porta de acesso está a 1 metro do solo, que equivale à altura da carreta prancha, nossa estação também deve estar à mesma altura do chão para que os passageiros consigam entrar no metrô através desta.

Tivemos então que projetar também uma rampa de acesso, ilustrado na Figura 36, à estação com uma escada para que todos tivessem acesso ao nosso meio de transporte.

Na Figura 30 temos as vistas da estação de embarque.

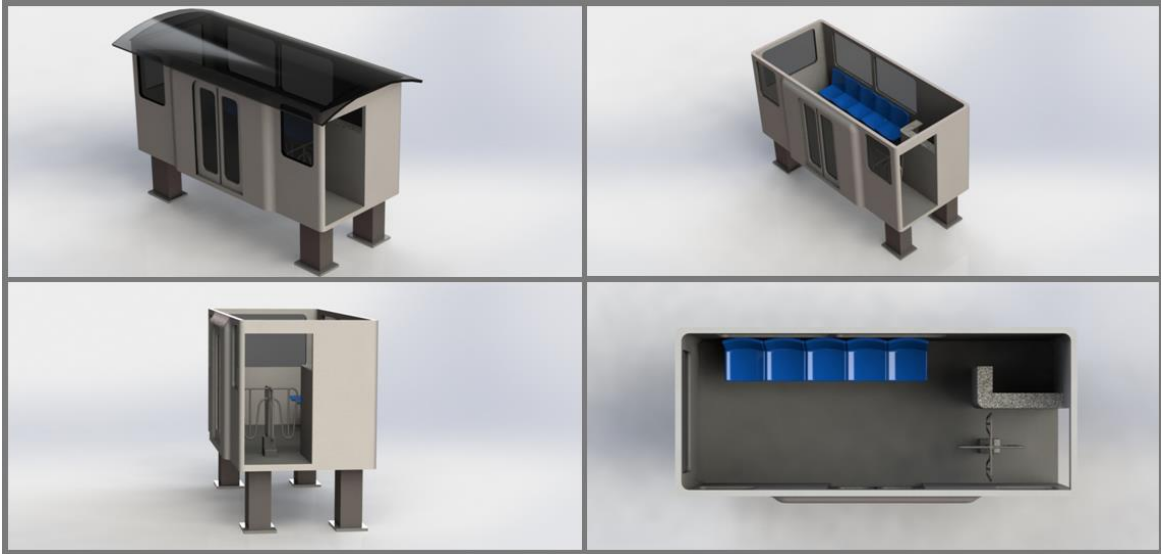


Figura 30 – Estação de embarque
Fonte: Autoria própria.

A Figura 31 ilustra a vista isométrica da estrutura do veículo.



Figura 31 – Vista isométrica do veículo
Fonte: Autoria própria.

A Figura 32 mostra o veículo na vista lateral com corte.

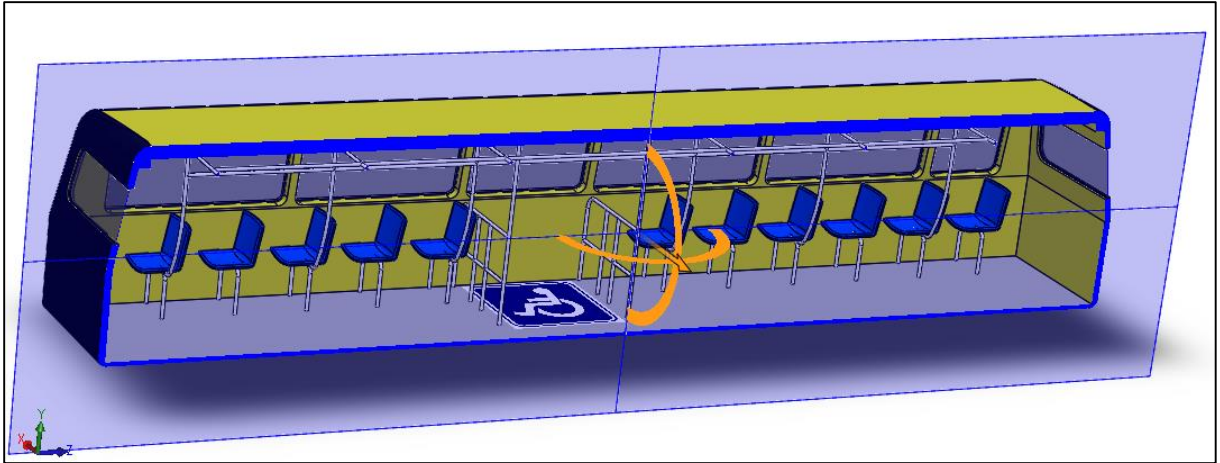


Figura 32 – Vista lateral com corte do veículo
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 33 podemos ver a estrutura do veículo com a carreta.



Figura 33 – Estrutura com a carreta
Fonte: Autoria própria.

Pensando na evolução do veículo, no futuro podemos imaginar ônibus como da Figura 34 circulando pelas cidades.

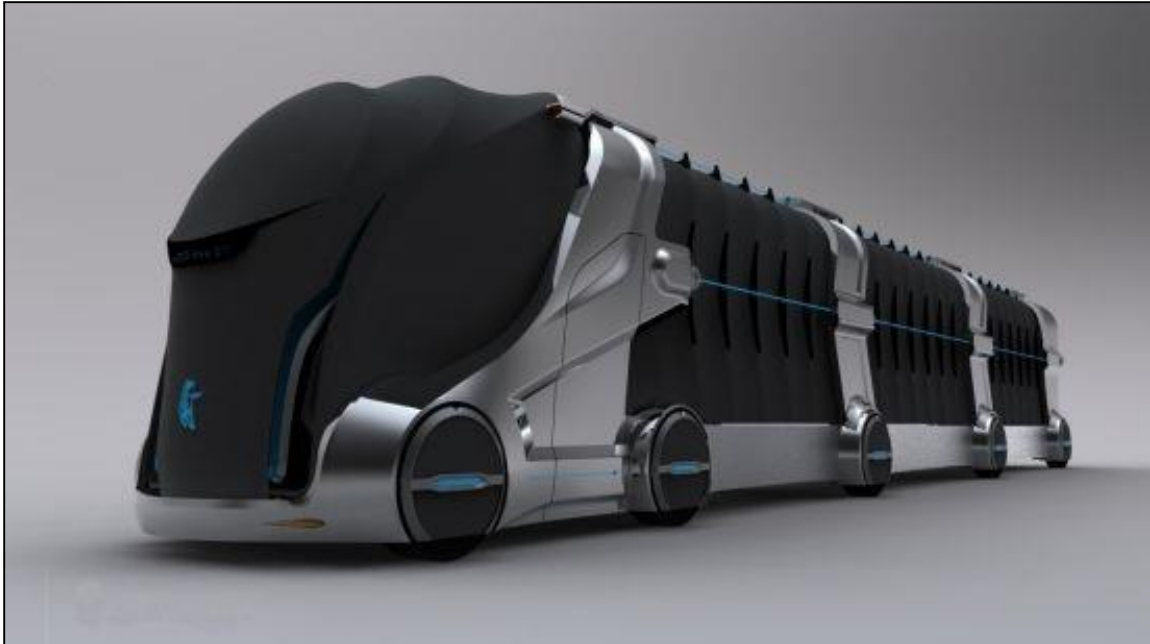


Figura 34 – Ideia de um veículo moderno
Fonte: Junior (2010).

7.1 NORMAS

Como o objetivo do nosso trabalho é transportar o maior número de pessoas possível em um mesmo veículo de transporte público, precisamos montar algumas estratégias para obtermos o número máximo possível.

Porém precisamos obedecer algumas normas na montagem do nosso Metrô do Asfalto.

Na maioria dos metrôs as poltronas são posicionadas com os encostos voltados para as paredes, aumentando assim a quantidade de pessoas que podem ficar sentadas e economizando espaço interno do veículo de transporte.

Porém isso não é permitido nos veículos de transporte que transitam nas ruas das cidades.

Os bancos dos passageiros devem ser montados no sentido da marcha e do movimento do veículo para que os passageiros fiquem posicionados olhando para frente, para evitar que alguém se machuque caindo do banco caso o veículo eventualmente pare em alguma subida ou tenha alguma aceleração brusca.

De acordo com o inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), algumas outras normas devem ser obedecidas ainda em relação aos bancos do nosso Metrô do Asfalto:

1. Os bancos devem ser livres de arestas ou saliências potencialmente perigosas em caso de súbitas desacelerações ou de quebra dos mesmos;
2. A altura do assento, em relação ao local de acomodação dos pés, deve estar compreendida entre 0,38m e 0,45m;
3. A largura do assento deve ser, no mínimo, de 0,45m para bancos simples;
4. A profundidade do assento deve estar compreendida entre 0,38m e 0,40m;
5. A altura do encosto, referida ao nível do assento, desconsiderando o pega-mão, deve ser de, no mínimo, 0,45m;
6. O ângulo do encosto do banco com a horizontal deve estar compreendido entre $105^\circ (0,5833 \pi \text{ rad})$ e $115^\circ (0,6388 \pi \text{ rad})$;
7. A distância livre entre o assento de um banco e o espaldar do que estiver a sua frente, medida no plano horizontal, deve ser igual ou superior a 0,30m;
8. A mesma distância livre deve ser observada em relação ao anteparo que venha existir à frente de qualquer banco.

Em relação à área para os passageiros que serão transportados em pé, o corredor de circulação deve ter no mínimo 0,65m de largura.

E para efeito de cálculos de número de passageiros em pé, devemos tomar o valor de 5 passageiros por metro quadrado, desconsiderando a área próxima das portas e a área ocupada pelos pés dos passageiros sentados.

Segundo o inmetro, outra norma importante a ser ressaltada é em relação aos balaústres e corrimãos:

1. Os balaústres e corrimãos devem ser construídos com tubos de aço ou alumínio, de seção circular e diâmetro externo compreendido entre 0,03m e 0,04m, devendo, no caso de balaústres, resistirem a uma solicitação de 1500N, aplicada no ponto equidistante das extremidades de fixação, e, no caso de corrimão superior, a uma solicitação de 400N, a cada 0,20m de comprimento.
2. Os corrimãos superiores devem ser em quantidade mínima de 2, e devem correr paralelos e afastados, de modo que a projeção de cada um coincida com a extremidade do assento do corredor de cada fila;

3. Mesmo no caso de existência de outros corrimãos superiores tais como os centrais ao corredor, ou os utilizados nos bolsões, sua altura deve estar compreendida entre 1,80m e 1,90m.

Em relação aos apoios para embarque e desembarque, não será necessário, porque o nosso veículo tem parada somente nas estações, onde a entrada do veículo e a saída da cabine terão a mesma altura, ou seja, são nivelados.

Para critério de altura interna do veículo, a altura mínima, medida entre a face interior do teto e o assoalho no centro do corredor, deve ser de 2,00m.

7.2 RAMPA E ESCADA DE ACESSO PARA A ESTAÇÃO

Acessibilidade e inclusão social são duas palavras muito comentadas e discutidas nos dias de hoje, porém a adaptação das edificações de acordo com a norma NBR 9050 ainda não tem sido feita da maneira correta em muitos casos.

Então, nos orientamos nesta norma para facilitar o acesso à estas pessoas que são portadoras de deficiência física ou até mesmo pessoas que tem limitações de movimentos.

Precisamos então saber um pouco mais sobre os PNE's (portador de necessidades especiais), segundo Ana Carolina Moura Cardoso – Arquiteta e Urbanista:

“Para projetarmos corretamente ambientes acessíveis, primeiramente precisamos entender as condições físicas do Portador de Necessidades Especiais (PNE).

Essas condições variam de acordo com a limitação de cada deficiência, mas ao participar de uma caminhada de acessibilidade, pude perceber que nossa forma de interagir com o espaço público e privado é muito diferente da deles, e é necessário nos colocarmos na sua condição.

O cadeirante, por exemplo, pode ter força física no tronco ou não, pode ter mobilidade nos braços ou não. Cadeira motorizada não quer dizer que o cadeirante tenha uma condição financeira melhor, mas sim o que ocorre muitas vezes, é que ele não tem força nos braços para conduzir a cadeira de rodas.

É por isso que a NBR 9050 coloca uma condição ideal de inclinação de rampas de acesso, condição essa que vemos muitas vezes não serem obedecidas, dificultando ou até impossibilitando o acesso sem auxílio.

A Figura 35 ilustra uma rampa projetada com a inclinação fora das normas da NBR 9050.



Figura 35 – Rampa projetada fora das normas da NBR 9050
Fonte: Ana Carolina Cardoso (2014).

Para projetarmos nossa rampa seguimos a seguinte fórmula:

$$i = h \cdot \frac{100}{c}$$

Onde:

i = inclinação em %

h = altura do desnível

c = comprimento da projeção horizontal

O valor da inclinação da rampa é a relação entre a altura e o comprimento da mesma, e para efetuar o cálculo é bom lembrar que “h” e “c” devem estar na mesma unidade de medida.

Sabendo que o valor do desnível em relação à nossa estação é de 1 metro, usamos o seguinte quadro para encontrar o valor máximo permitido para a inclinação:

Inclinação admissível em cada segmento de rampa i %	Desníveis máximos de cada segmento de rampa h m	Número máximo de segmentos de rampa
5,00 (1:20)	1,50	Sem limite
$5,00 (1:20) < i \leq 6,25 (1:16)$	1,00	Sem limite
$6,25 (1:16) < i \leq 8,33 (1:12)$	0,80	15

Quadro 3 – Inclinação das rampas de acordo com a NBR 9050
Fonte: Ana Carolina Moura Cardoso (2014).

Para o valor de desnível de 1 metro, o valor da inclinação máxima é de 6,25%. Portanto:

$$c = \frac{1.100}{6,25}$$

$$c = 16 \text{ metros}$$

Nossa rampa então tem um comprimento de 16 metros.

Com relação às escadas de acesso, usamos uma outra tabela para determinarmos o número de degraus e também a largura e altura.

Segundo o arquiteto francês Nicolas-François Blondel (1618-1686), que analisou profundamente esta questão da segurança, energia e conforto em subir e descer escadas, as dimensões possíveis para projetar-se uma escadaria devem obedecer o seguinte quadro:

ALTURA DO DEGRAU	LARGURA DO DEGRAU	
	MINIMA	MAXIMA
18,0	27,0	28,0
17,9	27,2	28,2
17,8	27,4	28,4
17,7	27,6	28,6
17,6	27,8	28,8
17,5	28,0	29,0
17,4	28,2	29,2
17,3	28,4	29,4
17,2	28,6	29,6
17,1	28,8	29,8
17,0	29,0	30,0
16,9	29,2	30,2
16,8	29,4	30,4
16,7	29,6	30,6
16,6	29,8	30,8
16,5	30,0	31,0
16,4	30,2	31,2
16,3	30,4	31,4
16,2	30,6	31,6
16,1	30,8	31,8
16,0	31,0	32,0
Medidas em centímetros		

Quadro 4 – Quadro das dimensões possíveis para escadas
Fonte: Watanabe (2012).

Por tentativa e erro, dividimos o nosso desnível de 1 metro pelo número de 6 degraus (único valor que se encaixa na tabela acima), deduzimos que a altura dos degraus é de 16,6 cm e usamos a largura mínima de 29,8 cm.

Finalizando a rampa, utilizamos o padrão da norma NBR 9077 para corrimãos, onde a altura do corrimão utilizada foi de 80 cm e para a seção circular obedecemos a norma NBR 9050, utilizando o valor de 4,5 cm de diâmetro.

A Figura 36 mostra a rampa de acesso para a estação de embarque.

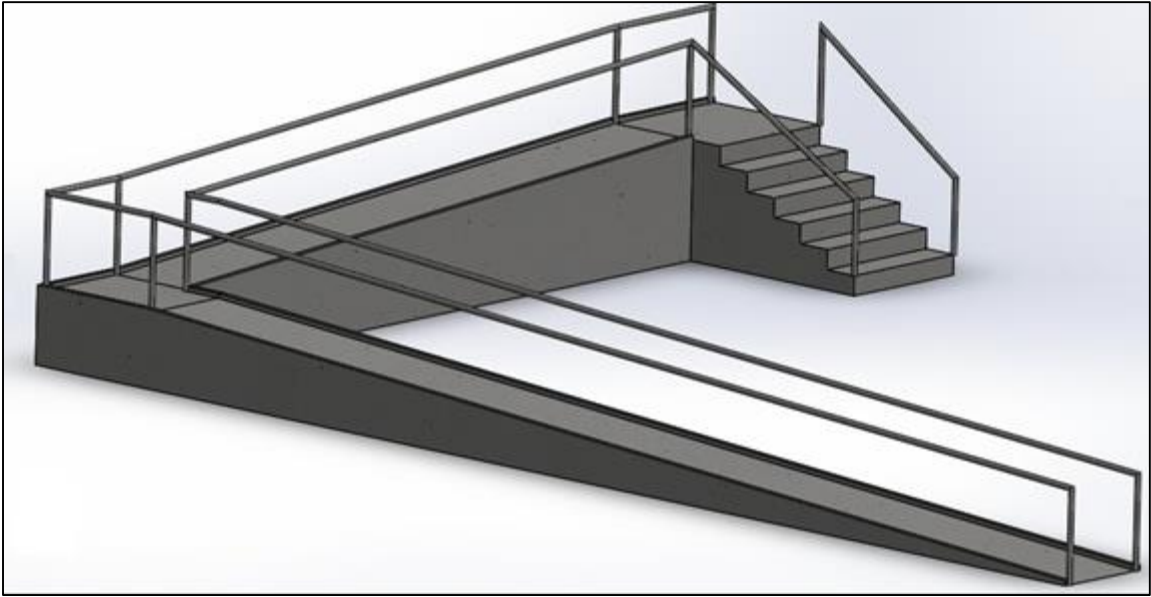


Figura 36 – Rampa de acesso para estação de embarque
Fonte: Autoria própria.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O devido trabalho obteve sucesso em seus objetivos traçados, agregando conhecimento a respeito dos transportes, normas para transportes públicos e emissão de poluentes veiculares. Foi feito o estudo de viabilidade de implantação do sistema metrô do asfalto, analisando suas características, custos, prazos e estratégia para implantação desse sistema.

Com os elevados custos de implantação de sistemas de alta capacidade sobre trilhos e as restrições econômicas de boa parte das cidades brasileiras, o sistema Metrô do Asfalto é uma excelente alternativa principalmente para cidades de médio. Portanto é importante entender este sistema e configurar suas características de forma a atender, com qualidade, as necessidades dos corredores de transporte coletivo no Brasil.

No que diz respeito ao meio ambiente o setor de transportes tem grande potencial para reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, por ser baseado no modal rodoviário, que é o maior consumidor de combustíveis fósseis no país. Essa redução da poluição passa pelo incentivo do transporte público diminuindo o transporte individual. As análises estudadas neste trabalho mostram bons resultados dos sistemas de transporte rápido e de alta capacidade no impacto ao meio ambiente, com uma redução considerável na poluição local e na emissão de gases de efeito estufa.

É importante ressaltar que um sistema de transporte público urbano de qualidade e eficiente pode amenizar a presente situação da mobilidade urbana. Assim será possível atrair os usuários de meios de transportes particulares, como carro e moto, a utilizarem outros meios para se deslocar.

Como sugestões para trabalhos futuros, pode-se citar a aprimoração do veículo e estação de embarque do sistema Metrô do Asfalto. Outro possível trabalho pode ser o estudo de implantação numa cidade em específico, mostrando as possíveis estratégias e os impactos para aquele determinado lugar.

Por fim, deixamos aqui uma frase de Enrique Peñalosa, ex-prefeito de Bogotá, “Uma cidade avançada não é aquela em que os pobres andam de carro, mas aquela em que os ricos usam transporte público”.

REFERÊNCIAS

ALARMY, **First English Omnibus, 1829, "Classical Portfolio of Primitive Carriers"**. Disponível em: <<http://www.alamy.com/stock-photo-first-english-omnibus-1829-classical-portfolio-of-primitive-carriers-83848373.html>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

ANTP, ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **O Transporte Público e o trânsito para uma cidade melhor**, 2002.

APOLLO, **Poltrona plástica individual para ônibus urbano**. Disponível em: <<http://www.apolloonibus.com.br/index.asp?tipo=n&secao=93&categoria=1021&subcateg=14268&id=907>>. Acesso em: 15 set. 2016.

Arq Carol Carvalho, **Ócio Criativo X Mediocridade Laboriosa**. Disponível em: <<http://arqcarolcarvalho.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, **Mobilidade Sustentável para um Brasil Competitivo**. 2013. <<http://www.fetranspordocs.com.br/downloads/30MobilidadeSustentavel.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, **Novas tendências em política tarifária. Brasília**. Disponível em: <<http://www.ntu.org.br/novosite/arquivos/NovasTendencias.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

BASTOS, C. M. **Uma reflexão crítica sobre os modelos de reajusto tarifário para o transporte coletivo por ônibus urbano no Brasil**. 2012. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

BATISTA, J. F. **Alternativas de redes multimodais para o Transporte Público na Zona Oeste da região Metropolitana de Fortaleza**. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

BONDE, **Calçadão terá menos quiosques que o previsto em projeto inicial**. Disponível em: <<http://www.bonde.com.br/bondenews/londrina/calcaado-tera-menos-quiouques-que-o-previsto-em-projeto-inicial-389143.html>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

BRANCO, S. P. V. M. **Estudo e Aplicações de Sistemas BRT – Bis Rapid Transit**. 2013. Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal, 2013.

CAMINHÕES & CARRETAS, **Mercedes Benz MB2544**. Disponível em: <<http://www.caminhoesecarretas.com.br/DetalhesVeiculo.aspx?id=628046&Veiculo=caminhao-mercedes-benz-mb-2544-cavalo-mecanico-tracao-6x4-flavio-caminhoes-pelotas-rio-grande-do-sul-rs>>. Acesso em: 14 set. 2016.

CARDOSO, A. C. M., **Como projetar corretamente uma rampa**. Disponível em: <<http://ew7.com.br/projeto-arquitetonico-com-autocad/index.php/tutoriais-e-icas/130-como-projetar-corretamente-uma-rampa.html>>. Acesso em: 23 set. 2016.

CARTA CAMPINAS, **Uso do cartão eletrônico em ônibus começou em Campinas: veja as principais dúvidas**. Disponível em: <<http://cartacampinas.com.br/2014/10/uso-do-cartao-eletronico-em-onibus-comecou-em-campinas-veja-as-principais-duvidas/>>. Acesso em: 29 ago. 2016.

CARVALHO, C. H. R., **Emissões relativas de poluentes do transporte urbano**. Brasília, 2011.

DIARIO DO TRANSPORTE, **Motoristas de ônibus podem passar pelo bafômetro todo o dia em Curitiba**. Disponível em: <<https://diariodotransporte.com.br/2013/02/28/motoristas-de-onibus-podem-passar-pelo-bafometro-todo-o-dia-em-curitiba/>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

FREITAS, B. **Entenda a diferença entre faixas exclusivas e preferenciais de ônibus**. Disponível em: <http://estadodeminas.vrum.com.br/app/noticia/noticias/2015/03/04/interna_noticias,55062/entenda-a-diferenca-entre-faixas-exclusivas-e-preferenciais-de-onibus.shtml>. Acesso em: 27 ago. 2016.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES I. G. E. **Transporte Público Urbano**. 2ª edição. Ed. São Carlos: Rima, 2004.

FERREIRA, T. A. **Uma configuração do espaço urbano do município de São Paulo, por meio dos itinerários das linhas de ônibus: Paisagens urbanas e Memórias dos itinerários (1960-1985)**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FOLHA DE SÃO PAULO, **Tabela de Preços**, Disponível em: <<http://www.publicidade.folha.com.br/files/fsp-pt.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

GOOGLE MAPAS, **Cidade de Londrina**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 18 set. 2016.

IBDD, **Regras de acessibilidade ao meio físico para deficiente**. Disponível em: <<http://www.ibdd.org.br/arquivos/acessibilidade.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Cidades. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 29 ago. 2016.

INSTITUTO DE ENGENHARIA, **Capacidade de Transporte por Modo**. Disponível em <<http://ie.org.br/site/ieadm/arquivos/arqnot29025.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

JUNIOR, D. R., **Flex Futurum: o caminhão do futuro**. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/4466-flex-futurum-o-caminhao-do-futuro.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

METRÔRIO, **Sobre o metrôrio**. Disponível em: <<https://www.metrorio.com.br/Empresa/Sobre>>. Acesso em: 20 set. 2016.

MOTTA, R. A., **Benefícios ambientais em decorrência da implantação de sistemas de transporte rápido e de alta capacidade de ônibus – o caso do Transmilênio**. 2009. Tese (Mestrado) – COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

INMETRO, **Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resc/pdf/RESC000115.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2016.

OLIVEIRA, G. T., **Redução de emissões de dióxido de carbono com a implementação do BRT Transoeste na cidade do Rio de Janeiro**. 2014. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2014.

OLIVEIRA, S. P. **Implementação de roteirização para malha rodoviária do estado de Minas Gerais**. 2000. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

ORRICO FILHO, R. D e PEREIRA, W., 1995, **Aspectos gerais da tarifa de Transporte público por ônibus nas cidades brasileiras**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

O TEMPO, **Veículo articulado para BRT custa R\$ 840 mil**. Disponível em: <<http://www.otempo.com.br/cidades/ve%C3%ADculo-articulado-para-brt-custa-r-840-mil-1.814260>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

PARQUES DE SINTRA, **Passeios de charrete**. Disponível em: <<http://www.parquesdesintra.pt/experiencias-e-lazer/passeios-de-charrete/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

PREFEITURA DE SÃO PAULO, **Entenda a diferença entre faixas exclusivas e preferenciais de ônibus**. Disponível em: <<http://www.capital.sp.gov.br/portal/noticia/3715#ad-image-5>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

RAIA JUNIOR, A. A. **Acessibilidade e mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando redes neurais artificiais e sistemas de informações geográficas**. 2000. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

REIS, J. G. M., **Bus Rapid Transit (BRT) como solução para o transporte público de passageiros na cidade de São Paulo**. “INOVAE - Journal of Engineering and Technology”, São Paulo, v. 1, n. 1, p83-98, set./dez., 2013.

REPIQUETE NO MEIO DO MUNDO, **Bixitáxi em Paris**. Disponível em: <<http://www.alcilenecavalcante.com.br/alcilene/bicitaxi-em-paris>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

RIBEIRÃO TOPIA, **Faixa exclusiva para ônibus**. Disponível em: <<http://ribeiraotopia.blogspot.com.br/2015/09/faixas-exclusivas-para-onibus.html>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

RIBEIRÃO TOPIA, **Revitalização de Semáforos**. Disponível em: <<http://ribeiraotopia.blogspot.com.br/2016/05/revitalizacao-de-semaforos.html>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

SENNÁ, L. A. S. In: SANTOS, A. **Custo torna quase inviável a construção de metrô.** Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/custo-torna-quase-inviavel-a-construcao-de-metros/>>. Acesso em: 20 set. 2016.

TAROBÁ LONDRINA, **Transporte coletivo adere à paralisação de e Londrina fica sem ônibus na sexta.** Disponível em: <<http://www.tarobalondrina.com.br/secoes/cidades/2017/04/transporte-coletivo-adere-a-paralisacao-e-londrina-fica-sem-onibus-na-sexta/>>. Acesso em: 5 maio 2016.

TRIBUNA, **Passarelas na BR-277 vão dar mais segurança aos pedestres.** Disponível em: <<http://www.tribunapr.com.br/noticias/parana/passarelas-na-br-277-vao-dar-mais-seguranca-aos-pedestres/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

TURISTA PROFISSIONAL, **Quinze dicas de New Orleans para quem vai a primeira vez.** Disponível em: <<http://www.turistaprofissional.com/2015/12/11/15-dicas-de-new-orleans-para-quem-vai-a-primeira-vez/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

VENTANA DEL TRANSPORTE, **Marcopolo entrega ônibus de dois andares para a Carris.** Disponível em: <<http://engrovanitransporte.blogspot.com.br/2012/04/marcopolo-entrega-onibus-de-dois.html>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

VIAGEM NA VIAGEM, **Amsterdã de bike: como alugar e por onde rodar.** Disponível em: <<http://www.viajenaviagem.com/2014/07/amsterda-city-tour-bicicleta>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

VUCHIC, V. R. **Transportation for livable cities.** Center for UrbanPolicyReseach. New Jersey, 2000.

VUCHIC, V. R. **Urbanpublictransportation – systems andtechnology.** Editora Prentice-Hall. New Jersey, 1981.

WATANABE, R. M. **Altura e Largura de Degraus.** Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/escada/escada4.htm>>. Acesso em: 23 set. 2013.

YOSHINAGA, M. **VLТ – Veículo leve sobre trilhos.** Disponível em: <<http://qualidadeurbana.blogspot.com.br/2007/09/vlt-veiculo-leve-sobre-trilhos.html>>. Acesso em: 2 set. 2016.