

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO

WILIAN DANIEL HENRIQUES DO AMARAL

**PREMISSAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE TREM MAGNÉTICO NA
REGIÃO METROPOLITANA DE JUIZ DE FORA**

Juiz de Fora
2018

WILIAN DANIEL HENRIQUES DO AMARAL

**PREMISSAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE TREM MAGNÉTICO NA
REGIÃO METROPOLITANA DE JUIZ DE FORA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Orientador: José Alberto Barroso Castañon, D.Sc.

Juiz de Fora

2018

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Henriques do Amaral, Wilian Daniel.

PREMISSAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE TREM DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA NA REGIÃO METROPOLITANA DE JUIZ DE FORA / Wilian Daniel Henriques do Amaral. -- 2018.

145 f. : il.

Orientador: José Alberto Barroso Castañon

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído, 2018.

1. Maglev. 2. Transportes Urbanos. 3. Mobilidade Urbana. I. Barroso Castañon, José Alberto, orient. II. Título.

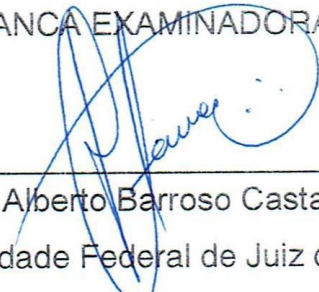
WILIAN DANIEL HENRIQUES DO AMARAL

**PREMISSAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA LINHA DE TREM MAGNÉTICO NA
REGIÃO METROPOLITANA DE JUIZ DE FORA**


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Aprovada em 28 de maio de 2018

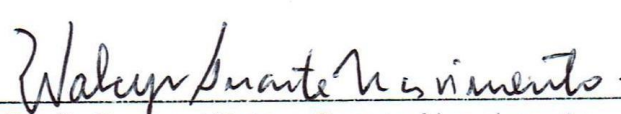
BANCA EXAMINADORA



Prof. Doutor José Alberto Barroso Castañon - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof^a. Doutora. Maria Teresa Gomes Barbosa
Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof^a. Doutor Walcyr Duarte Nascimento
Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais amados, por todo o apoio e amor incondicionais em todos os momentos e indecisões de minha breve vida, sempre com palavras de amor e aconchego nos momentos de difíceis, repreensão meus erros e comemoração em meus raros acertos.

Às minhas queridas irmãs, amigos e familiares, por compartilhar momentos únicos e nunca me deixarem desistir dessa longa caminhada.

Ao amigo Guilherme, companheiro leal de caminhada, de crítica afiada, retórica sagaz e organização impecáveis, que tenho a felicidade de levar do PROAC para a vida.

À Ludmila, intensa, única em sua maneira e incorrigivelmente sincera, por toda a imensurável ajuda que, sem a qual, este trabalho seria impossível de ser realizado.

Meus sinceros agradecimentos ao amigo, Professor e Orientador Castañon, por acreditar em meus devaneios e fornecer rumo certo quando tudo parecia perdido.

Aos queridos membros da Banca Examinadora, Teresa e Walcyr, pela sapiência e conselhos valiosos.

À Lília e ao Fabiano, por todo o apoio e suporte durante todos esses meses de aprendizado.

A todos aqueles que torceram por mim, meu mais sincero agradecimento.

“A estrada segue sempre em frente
Deixando a porta onde começa
Agora distante a estrada continua
E eu devo segui-la, se eu puder

Conquistando-a com meus pés ávidos
Até que ela se junte a um grande caminho
Onde muitas trilhas e tarefas se encontram
E para onde depois? Não sei dizer”
J.R.R. Tolkien”

RESUMO

A mobilidade urbana nas cidades se refere à facilidade de deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano. A complexidade do tema envolve a interação de como as cidades são pensadas, materializadas e como se organizam nos seus usos e ocupações espaciais. Atualmente, trens de levitação magnética, tem se mostrado um meio de transporte inovador e com grande potencial para atender as novas demandas contemporâneas, que cada vez mais buscam soluções rápidas e eficazes para questões complexas. Com a possibilidade de atuação inteiramente autônoma, esses veículos são capazes de atingir altas velocidades, reduzindo o tempo de deslocamento e contribuindo consideravelmente para a redução de emissões de poluentes e ruídos. O presente trabalho tem por objetivo propor premissas de implantação de trens de levitação magnética na região metropolitana de Juiz de Fora/MG. A integração em rede leva em consideração aspectos fundamentais de equipamentos urbanos existentes e até subutilizados, criando assim, um sistema de integração intermodal de cargas e passageiros num eixo conector do Aeroporto Regional Presidente Itamar Augusto Cautieiro Franco, também conhecido por Aeroporto Regional da Zona da Mata, ao centro do município, perpassando dentro dos seus 65km de extensão o distrito industrial, buscando um fluxo de carga e passageiros, de forma rápida e segura. Tais premissas buscam contribuir para o debate e possibilitar futuras pesquisas de mobilidade. A metodologia do trabalho consiste na criação de um suporte teórico embasado por uma criteriosa revisão sistemática da literatura e estudos de casos no cenário internacional, a partir dos quais se esboça um traçado teórico para a linha conectora à luz da tecnologia de levitação magnética e da avaliação das redes de tráfego de Juiz de Fora ao longo de toda sua história. Conclui-se que o traçado e a tecnologia empregada trazem contribuições positivas para a mobilidade urbana da região de estudo, muito embora o investimento para sua implantação seja considerado alto.

Palavras-chave: Maglev. Transportes Urbanos. Mobilidade Urbana.

ABSTRACT

Urban mobility in Cities refers to the ease of people and load displacements in the urban space. The theme complexity involves the interaction between how cities are thought out, materialized and how they organize its uses and space occupations. Currently, magnetic levitation trains have shown to be an innovative means of transportation with great potential to meet the new contemporary demands, which increasingly seek quick and effective solutions for complex issues. With the possibility of fully autonomous operation, these vehicles are able to reach high speeds while maintaining the passenger capacity observed in the rail modal, reducing the travel times and contributing considerably to the reduce pollutants and noise emissions. The purpose of the present work is to propose the assumptions of the implantation of magnetic levitation trains in the metropolitan area of Juiz de Fora/MG. A network integration is supposed taking into account fundamental aspects of existing and even underutilized urban equipment, thus creating a system that allows intermodal integration of both cargo and passengers in a connector axis between the Regional Airport President Itamar Augusto Cautieiro Franco, also known as the Zona da Mata Regional Airport, to the center of the municipality, crossing within its 65km of extension the city's industrial district, seeking a fast and safe flow of cargo and passengers. Such premises seek to contribute to the debate and to enable future mobility research. The work methodology consists in the creation of a theoretical support based on a careful systematic revision of the literature and case studies in the international scenario, from which a theoretical plot is drafted for the connecting line under the light of magnetic levitation technology and the evaluation of the Juiz de Fora's traffic networks throughout its history. It is concluded that the tracing and the technology employed bring positive contributions to the urban mobility of the study region despite its high implementation costs.

Keywords: Maglev. Urban Transportation. Urban Mobility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução da população urbana mundial.....	1
Figura 2 - Composição da frota rodoviária brasileira.	3
Figura 3 – Análise das rodovias em operação no Brasil.....	3
Figura 4 – Transporte interurbano de passageiros: modal ferroviário.	4
Figura 5 – Análise da preferência de meios de transporte na Inglaterra, durante o ano de 2015.	5
Figura 6 – Trajeto proposto para a linha de trens Maglev.	8
Figura 7 – Inserção estratégica de Juiz de Fora.....	10
Figura 8 – Mapa da rede ferroviária operada pela MRS Logística.	11
Figura 9 – Distribuição relativa de deslocamentos na cidade do Rio de Janeiro entre 1950 e 2005.	15
Figura 10 – Tempo médio de deslocamento casa-trabalho em minutos no Brasil e no mundo.	16
Figura 11 – Tempo de deslocamento casa-trabalho por decil de renda familiar <i>per capita</i> em regiões metropolitanas brasileiras.	17
Figura 12 – Emissão de CO2 em milhões de toneladas por veículos automotores no Brasil.	18
Figura 13 – Externalidades do transporte europeu em 2008.....	20
Figura 14 – Localização do porto seco em Juiz de Fora.	29
Figura 15 – Mapa da Estrada de Ferro Leopoldina em 1949.	31
Figura 16 – Região metropolitana de Juiz de Fora.....	35
Figura 17 – Rede urbana de Juiz de Fora.	36
Figura 18 – Produção nacional de caminhões entre os anos de 2010 e 2016.	40
Figura 19 – Produção nacional de veículos leves entre os anos de 2010 e 2016.	41
Figura 20 – Produção nacional de ônibus entre os anos de 2010 e 2016.	41
Figura 21 – Frota nacional de veículos automotores entre os anos de 2010 e 2016.	42
Figura 22 – Bonde elétrico em circulação pela Avenida Rio Branco.	43
Figura 23 – Localização do Aeroporto Municipal de Juiz de Fora.	46
Figura 24 – Vista do saguão de passageiros do SBZM.....	47
Figura 25 – Seção transversal típica do sistema <i>Transrapid</i>	54
Figura 26 – Esquema de responsabilidades no sistema Maglev.....	55

Figura 27 – Consumo energético e emissão de poluentes entre Madrid e Barcelona.	57
Figura 28 – Componentes do sistema de levitação EMS.	59
Figura 29 – Infraestrutura do sistema de suspensão eletrodinâmica.	61
Figura 30 – Matriz de Halbach como fonte de levitação magnética.	62
Figura 31 – Sistema de levitação Inductrack.	63
Figura 32 – Motores de indução linear com estágio primário curto (a) e longo (b)...	65
Figura 33 – Tecnologia LSM com eletroímã de núcleo vazado.	66
Figura 34 – Elementos típicos do <i>guideway</i>	68
Figura 35 – Evolução do perfil estrutural dos <i>guideway</i>	69
Figura 36 – Tipos de <i>guideway</i>	71
Figura 37 – Maglev de Xangai tendo ao fundo o aeroporto internacional de Pudong	80
Figura 38 – Estação Maglev do aeroporto de Pudong em Xangai	81
Figura 39 – Vista em corte da estação Maglev proposta para o aeroporto de Munique	84
Figura 40 – Maglev Linimo em operação	85
Figura 41 – Veículo UTM-2 com o aeroporto de Incheon ao fundo	87
Figura 42 – Mapa da linha proposta	89
Figura 43 – Mapa das estações na cidade de Juiz de Fora	90
Figura 44 – Mapa dos municípios beneficiados pela proposta da linha de trens magnéticos.	90
Figura 45 – Área de instalação da Estação Juiz de Fora e suas adjacências	92
Figura 46 – Área de instalação da Estação Miguel Mansur e suas adjacências	94
Figura 47 - Área de instalação da Estação Benfica e suas adjacências	95
Figura 48 – Área de instalação da Estação Porto Seco e suas adjacências	97
Figura 49 - Área de instalação da Estação Coronel Pacheco e suas adjacências ...	98
Figura 50 – Área de instalação da Estação Goianá e suas adjacências	99
Figura 51 - Área de instalação da Estação Terminal Zona da Mata e suas adjacências	100
Figura 52 – Área de instalação da Estação Rio Novo e suas adjacências	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Acidentes fatais por transporte terrestre no Brasil.	19
Tabela 2 – Participação da indústria juiz-forana em relação ao Estado e à Zona da Mata – 1907.	27
Tabela 3 – Perfil de cargas transportadas pela MRS em 2017.....	28
Tabela 4 – Quadro econômico da RMJF.	37
Tabela 5 – Proporção de pessoas que trabalham em outro município da RMJF.....	38
Tabela 6 – Proporção de pessoas que estudam em outro município da RMJF.....	39
Tabela 7 – Passageiros embarcados entre 2011 e 2017 na Zona da Mata e proximidades.....	47
Tabela 8 – Comparativo entre os sistemas HSR e Maglev.....	50
Tabela 9 – Comparativo de raios de curva entre trens HSR e o sistema Maglev.	51
Tabela 10 – Comparativo de frenagens entre os sistemas HSR e Maglev.	53
Tabela 11 – Comparativo de características entre sistemas Maglev.	67
Tabela 12 – Valor estimado de construção por km de <i>guideway</i> duplo	79
Tabela 13 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Juiz de Fora.....	93
Tabela 14 – Distância aproximada dos municípios influenciados pela Estação Miguel Mansur.	94
Tabela 15 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Benfica.	96
Tabela 16 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Porto Seco.....	97
Tabela 17 – Distância dos municípios passíveis de influência pela Estação Coronel Pacheco.	98
Tabela 18 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Goianá.....	100
Tabela 19 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Terminal Zona da Mata.	101
Tabela 20 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Rio Novo.....	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação demográfica de cidades médias.	23
Quadro 2 – Tipologia das cidades médias.	24
Quadro 3 – Ramais a extinguir no ano de 1961.	32
Quadro 4 – Ramais erradicados em 31 de dezembro de 1974.	33
Quadro 5 – Ramais ou trechos paralisados, aguardando erradicação em 31 de dezembro de 1974.	33
Quadro 6 – Características atuais e desejadas do sistema brasileiro de transportes	43
Quadro 7 – Ocupação do solo nos sistemas HSR e Maglev.	58
Quadro 8 – Resumo dos requisitos geométricos de implantação do sistema Maglev.	75
Quadro 9 – Componentes de uma estação Maglev	83

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- € – Euros (moeda)
- dB – Decibel
- DfT – Department for Transportation (Reino Unido)
- EDS – Suspensão Eletrodinâmica
- EFC – Estrada de Ferro Carajás
- EFVM – Estrada de Ferro Vitória a Minas
- EMS – Suspensão Eletromagnética
- FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
- HEMS – Suspensão Eletromagnética Híbrida
- HSR – Ferrovia de alta velocidade (*High Speed Rail*)
- IATA – Associação Internacional dos Transportes Aéreos
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICAO – Organização Internacional da Aviação Civil
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- IZA – Sigla IATA para o Aeroporto Regional da Zona da Mata
- kTU – Quilômetro Tonelada Útil
- L – Comprimento de vão livre no *guideway*
- LIM – Motor de Indução Linear
- LSM – Motor de Indução Sincrônica
- Maglev – Trem de levitação magnética
- OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- ONU – Organização das Nações Unidas
- pkm – Passageiros por quilômetro
- RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte
- RMJF – Região Metropolitana de Juiz de Fora
- SBZM – Sigla ICAO para o Aeroporto Regional da Zona da Mata
- UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora
- UIC – União Internacional das Ferrovias
- US\$ – Dólares americanos (moeda)
- UTM – Urban Transit Maglev (modelo Maglev coreano)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2. OBJETO	8
1.3. OBJETIVOS.....	11
1.3.1. OBJETIVO GERAL.....	11
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.4. DELIMITAÇÃO	12
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. COMPLEXIDADE DA MOBILIDADE URBANA EM ZONAS METROPOLITANAS	14
2.2. MOBILIDADE URBANA: MEMÓRIA HISTÓRICA DE JUIZ DE FORA	25
2.2.1. IMPORTÂNCIA HISTÓRICA DA FERROVIA EM JUIZ DE FORA.....	25
2.2.2. ESTRADA DE FERRO LEOPOLDINA	30
2.2.3. PROPOSTA DA REGIÃO METROPOLITANA DE JUIZ DE FORA – RMJF	34
2.2.4. MOBILIDADE URBANA DA REGIÃO METROPOLITANA DE JUIZ DE FORA	37
2.3. TRANSPORTE RODOVIÁRIO.....	40
2.4. TRANSPORTE AEROVIÁRIO	45
2.5. TECNOLOGIA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA: MAGLEV.....	48
2.5.1. ALTA VELOCIDADE.....	50
2.5.2. ALTAS TAXAS DE ACELERAÇÃO, INCLINAÇÃO DE GRADE E PEQUENOS RAIOS DE CURVA.....	51
2.5.3. VIAGEM SEGURA E CONFORTÁVEL	53
2.5.4. BAIXA MANUTENÇÃO.....	55
2.5.5. BAIXO IMPACTO AO MEIO AMBIENTE.....	56
2.5.6. SISTEMAS DE LEVITAÇÃO	58
2.5.6.1. SUSPENSÃO ELETROMAGNÉTICA (EMS).....	58
2.5.6.2. SUSPENSÃO ELETRODINÂMICA (EDS)	60
2.5.7. SISTEMAS DE PROPULSÃO	63
2.5.7.1. MOTOR DE INDUÇÃO LINEAR (LIM)	64
2.5.7.2. MOTOR SINCRÔNICO LINEAR (LSM).....	66

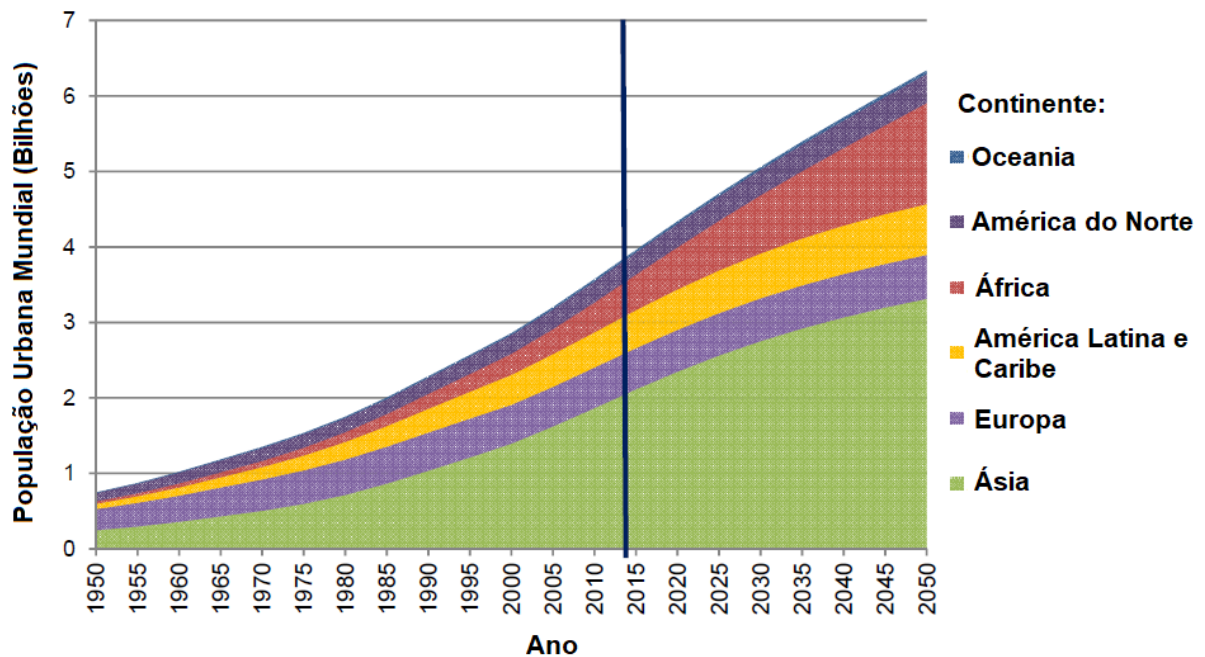
2.5.8. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E ESTRUTURAIS DE PROJETO	67
3. MATERIAIS E MÉTODOS	76
4. ESTUDOS DE CASO: TRANSPORTE POR LEVITAÇÃO MAGNÉTICA	78
4.1. A LINHA DE DEMONSTRAÇÃO DE XANGAI.....	79
4.2. LINIMO.....	84
4.3. <i>URBAN TRANSIT MAGLEV</i> : A LINHA URBANA SUL-COREANA	86
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO.....	88
5.1. ESTAÇÃO JUIZ DE FORA	92
5.2. ESTAÇÃO MIGUEL MANSUR.....	93
5.3. ESTAÇÃO BENFICA	95
5.4. ESTAÇÃO PORTO SECO	96
5.5. ESTAÇÃO CORONEL PACHECO.....	97
5.6. ESTAÇÃO GOIANÁ.....	99
5.7. ESTAÇÃO TERMINAL ZONA DA MATA	100
5.8. ESTAÇÃO RIO NOVO	101
6. CONCLUSÕES	103
REFERÊNCIAS	106
ANEXO.....	115
ANEXO A: CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO DE JUIZ DE FORA.....	115

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O deslocamento de pessoas é um dos fatores que influenciam a qualidade de vida de uma sociedade e, por consequência, impacta profundamente em seu desenvolvimento (FERRAZ e TORRES, 2004). Na área de Transportes e Mobilidade do mundo atual, o principal desafio é como fornecer, para todos os cidadãos, soluções de transporte porta a porta e multimodais mais econômicas, em uma sociedade cada vez mais urbanizada. Segundo apontam os números fornecidos pela Organização das Nações Unidas – ONU, a população urbana mundial em 2025 será aproximadamente 55% do total da população mundial. Somando 4,7 bilhões de pessoas vivendo em cidades, o qual aponta o gráfico da Figura 1 (ONU, 2014):

Figura 1 – Evolução da população urbana mundial.



Fonte: Adaptado de ONU (2014).

No cenário brasileiro, o Ministério das Cidades, juntamente com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal, ressalta:

“A emergência das profundas transformações urbanas no país se manifesta de forma contundente no déficit habitacional, no acesso precário da população de baixa renda aos equipamentos e serviços públicos, na degradação ambiental que acompanha o desenvolvimento urbano e na precariedade do sistema de

mobilidade, que afeta todos os cidadãos e de forma especial os moradores mais carentes, localizados na periferia das grandes cidades.

(...) A insustentabilidade e a iniquidade do atual modelo de mobilidade urbana podem ser medidas e avaliadas através da motorização crescente, do declínio do transporte público, dos altos custos sociais dos congestionamentos, da poluição atmosférica, dos acidentes no trânsito e do consumo de fontes não-renováveis de energia, do agravamento da exclusão social, da carência de recursos humanos capacitados nos órgãos de gestão da mobilidade, da baixa integração setorial, modal e territorial, do transporte público ineficiente, caro e inadequado, a indefinição de competências em alguns setores – o que favorece a informalidade e dificulta o investimento público e privado – e da ausência de fontes e instrumentos alternativos de financiamento.” (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2005)

Assim sendo, o tempo de deslocamento de casa ao trabalho é fator crucial na qualidade de vida pelo fato de que afeta diretamente a jornada cotidiana dos cidadãos. Pode-se dizer, portanto, que a mobilidade urbana exerce uma influência indireta, mas significativa, sobre o bem-estar social e, por este motivo, exerce papel importante na discussão sobre desenvolvimento regional urbano, principalmente em regiões metropolitanas (PERO e STEFANELLI, 2015), culminando com a criação da Política Nacional de Mobilidade Urbana, instituída pela Lei Federal n.12.587/2012, a qual define as diretrizes que devem orientar a regulamentação e o planejamento da mobilidade urbana nas cidades brasileiras (BRASIL, 2013; RUBIM e LEITÃO, 2013).

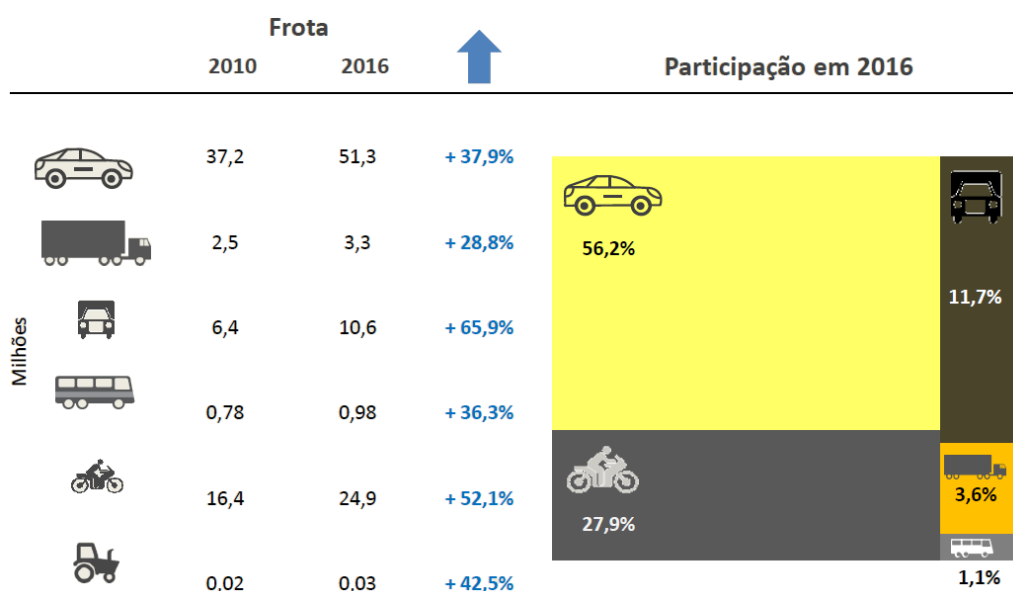
Com as políticas de incentivo ao transporte rodoviário implementada no país a partir da década de 1950 (PAULA, 2000; RUBIM E LEITÃO, 2013; CARVALHO, 2016) o conseqüente aumento dos veículos em circulação nas cidades brasileiras fez com que os hábitos de transporte dos cidadãos também se modificasse, especialmente quando analisado o transporte individual motorizado que impacta não somente a facilidade de ir e vir, mas também a dinâmica das cidades, o meio ambiente e a saúde pública quando considerados os acidentes de trânsito, que matam 22,5 pessoas a cada 100 mil habitantes (RUBIM e LEITÃO, 2013).

De acordo com o Ministério dos Transportes em seu mais recente anuário estatístico, mais de 85% de passageiros transportados por terra no Brasil utilizam o modal rodoviário que, por sua vez, quando analisado no âmbito da modalidade coletiva pública,

tem como veículo de transporte mais frequente o ônibus coletivo (BRASIL, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES E EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA, 2017).

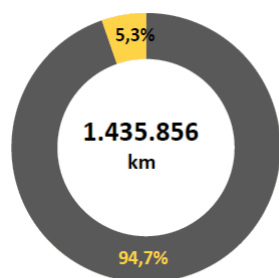
Ainda segundo o Anuário Estatístico de 2017 do Ministério dos Transportes, os ônibus representaram 1,1% da frota de veículos automotores brasileiros em 2016, somados aos carros (56,2% da frota) e motos (27,9% da frota) que, somados aos demais veículos de carga, integram uma frota aproximada de 90 milhões de veículos trafegando por 1.435.856 km de rodovias (Figuras 2 e 3), das quais apenas 64,8 milhares de km são pavimentadas sob tutela do Governo Federal, transportando 92,5 milhões de passageiros em viagens fretadas, interestaduais, internacionais e semiurbanos.

Figura 2 - Composição da frota rodoviária brasileira.



Fonte: BRASIL, Ministério dos Transportes e BRASIL, Empresa de Planejamento e Logística (2017).

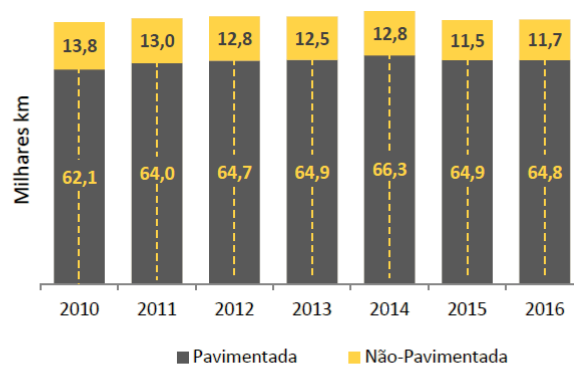
Figura 3 – Análise das rodovias em operação no Brasil.



Concedidos
21 trechos de Rodovias Federais
10 mil km em 2016

■ Rodovias Estaduais e Municipais
■ Rodovias Federais

Fonte: DNIT/ANTT



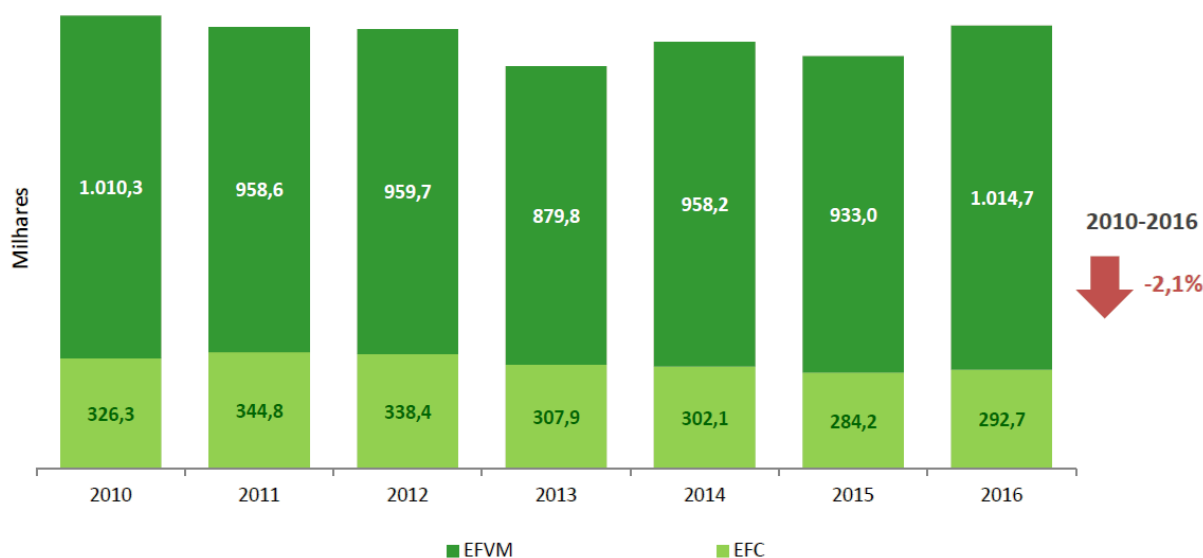
Redução nas extensões devido à reformulação da divisão em trechos do PNV (introdução do conceito de rodovias estaduais transitórias)

Fonte: BRASIL, Ministério dos Transportes e BRASIL, Empresa de Planejamento e Logística (2017).

Esta tendência é reforçada quando analisados os investimentos do Governo Federal na malha viária brasileira: no ano de 2016, foram investidos R\$8,5 bilhões na manutenção, adequação e construção de rodovias no território nacional, somados a R\$2,5 bilhões em investimentos privados nas rodovias sob concessão, cifra consideravelmente maior que os R\$ 1,1 bilhão em investimentos públicos federais somados a R\$5,9 bilhões em investimentos privados no modal ferroviário – em sua grande maioria destinados ao transporte de cargas (BRASIL, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2016).

Quando tomados os dados ferroviários, apenas ferrovias com trens interurbanos de linhas regulares são considerados pela publicação, somando 1,3 milhões de passageiros (Figura 4) transitando pelas Estradas de Ferro Vitória Minas (EFVM) e Estrada de Ferro Carajás (EFC) no ano de 2016 (BRASIL, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES E EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA, 2017).

Figura 4 – Transporte interurbano de passageiros: modal ferroviário.



Fonte: BRASIL, Ministério dos Transportes e BRASIL, Empresa de Planejamento e Logística, (2017).

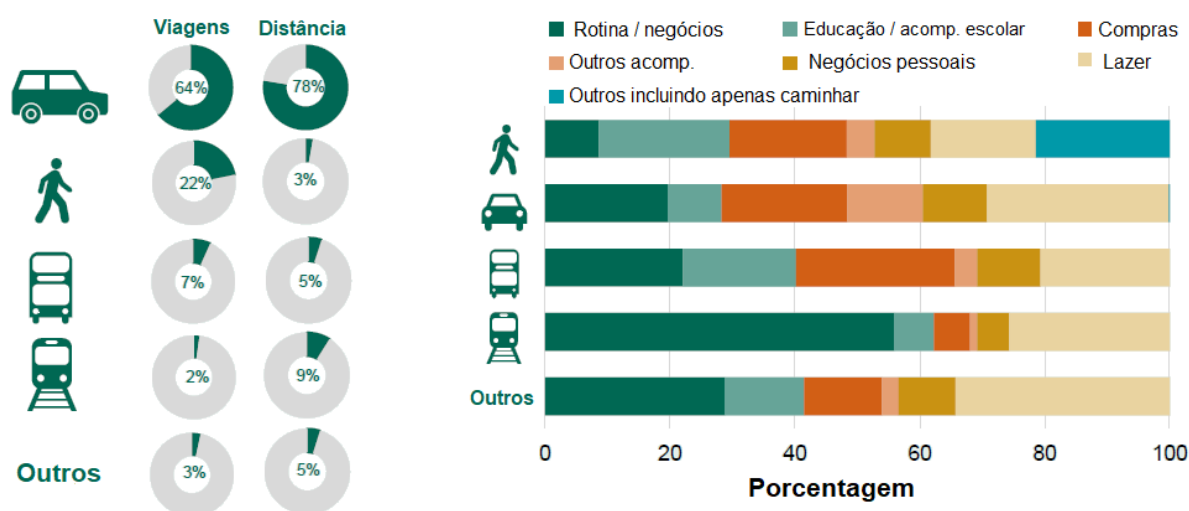
Ao analisar os dados da Companhia Brasileira de Trens Urbanos – CBTU em seu relatório de gestão para o ano de 2016 considerando as cidades de Belo Horizonte, Recife, Natal, João Pessoa e Maceió, a empresa reporta o transporte de 172.901.679 passageiros (BRASIL, COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENS URBANOS, 2016), endossando a grande capacidade de transporte de passageiros no meio urbano para cidades de médio e grande porte.

Flores (2012) aponta que o número de passageiros transportados diariamente nos 15 sistemas de trens urbanos em operação no Brasil chega à cifra de 8,5 milhões, alcançando a capacidade de 60 mil passageiros por hora.

No cenário europeu, especificamente na Inglaterra, constata-se que embora apenas 2% dos deslocamentos urbanos sejam feitos no modal ferroviário, 50% destes tem por objetivo a jornada diária ao trabalho ou para realizar negócios, enquanto que no modal rodoviário, responsável por 71% das viagens, apenas 20% das viagens feitas por carros e ônibus tem objetivo semelhante, ilustrados na Figura 5 (DEPARTMENT FOR TRANSPORT (a), 2016).

O custo anual pela escolha do transporte rodoviário, sujeito a acidentes, congestionamentos e outros imprevistos nas cidades inglesas é bastante alto. Apenas no ano de 2015, os gastos com acidentes nas estradas inglesas foram de 35,5 bilhões de libras esterlinas. No mesmo período a média de acidentes foi de 4458 por bilhão de passageiros quilômetro no modal rodoviário contra 25,3 por bilhão de passageiros quilômetro no modal ferroviário (DEPARTMENT FOR TRANSPORT (b), 2016).

Figura 5 – Análise da preferência de meios de transporte na Inglaterra, durante o ano de 2015.



Fonte: Adaptado de Department for Transport (2016a).

Sob o aspecto dos congestionamentos de tráfego, a Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD) frisa que um aumento da confiabilidade e previsibilidade do tempo gasto em trânsito pode reduzir drasticamente o custo associado aos congestionamentos em cidades de médio e grande portes, estimulando a troca do transporte individual pelo transporte coletivo ou mesmo não

motorizado, enquanto a falta de uma política voltada para a otimização da malha de transportes causa um consequente aumento dos custos em transporte, sacrificando a camada economicamente menos favorecida da população (OECD TRANSPORT RESEARCH CENTRE, 2007).

O congestionamento nos modos de transporte associados com o aumento dos tempos de viagem causa diversos problemas, entre os quais podemos citar o prolongamento do tempo de viagem, a crescente taxa de acidentes, o agravamento da poluição ambiental e a aceleração do consumo de energia. Por outro lado, o transporte terrestre de alta velocidade, caracterizado pela confiabilidade operacional, conforto de viagem de passageiros e excelente registro de segurança, é considerado uma das soluções mais promissoras para aliviar o problema do congestionamento. Há, no momento, duas tecnologias distintas capazes de aliar altas velocidades e grande capacidade transporte em operação: a ferrovia de alta velocidade e os trens de levitação magnética – Maglev.

Ambos os casos fornecem maior velocidade de operação quando comparados aos modais terrestres atuais. No entanto, as tecnologias citadas têm especificações técnicas dramaticamente diferentes fazendo com que várias organizações empresariais e governos no mundo enfrentem decisões difíceis ao escolher ou se estabelecer em relação a uma tecnologia específica, em um corredor interurbano particular. Devido à complexidade da tecnologia de trens de alta velocidade e Maglev's, não é uma tarefa fácil selecionar a tecnologia mais eficiente em todo o corredor interurbano em questão (YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Ferrovias de alta velocidade (no inglês *high-speed rail* – HSR) são atualmente consideradas como um dos avanços tecnológicos mais significativos no transporte de passageiros desenvolvidos na segunda metade do século XX. No início de 2008, havia cerca de 10.000 km de novas linhas dedicadas exclusivamente ao tráfego de trens de alta velocidade em operação em todo o mundo e, no total (incluindo faixas convencionais adaptadas), mais de 20.000km da rede ferroviária mundial estava apta a fornecer serviços de alta velocidade para passageiros dispostos a pagar por um tempo de viagem mais curto e por uma melhoria de qualidade no transporte ferroviário. Desde a implantação do trem-bala japonês na década de 1960, cerca de 100 milhões de viagens foram feitas por ano, enquanto na Europa os trens de passageiros performam uma média

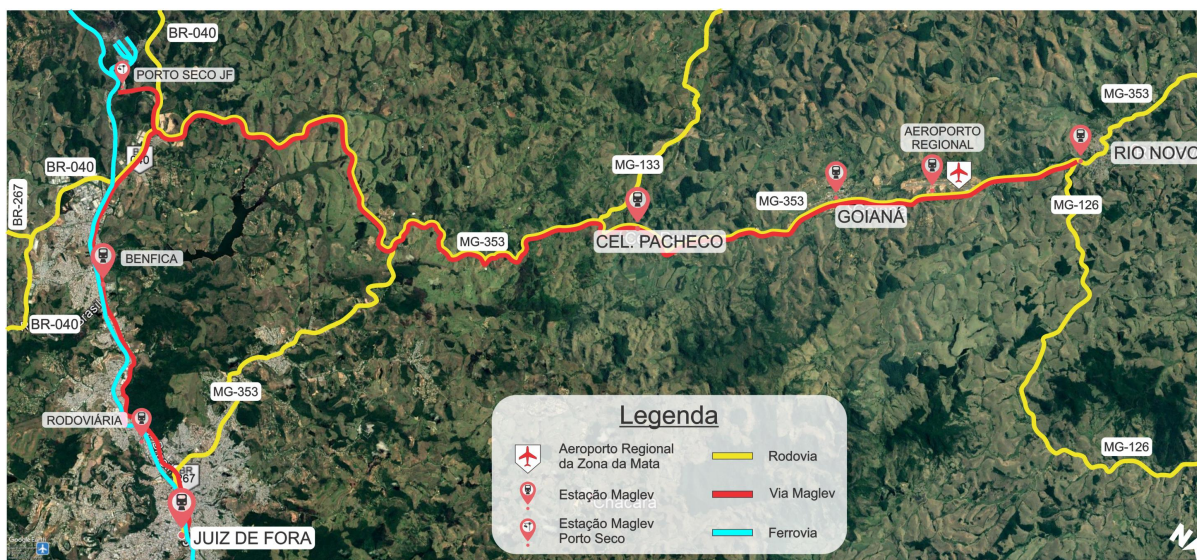
de 50 milhões de viagens anuais, número que vem crescendo desde a década de 1980 a uma taxa média de 2,6% ao ano (CAMPOS e DE RUS, 2009).

Linhas que empregam a tecnologia Maglev ainda estão em suas fases iniciais de implantação e, até o momento, trens Maglev não percorrem trajetos de longa distância, embora projetos estão em trâmite em países como China e Japão uma vez que seu alto custo de implantação é compensado a longo prazo pela alta eficiência do sistema e baixos custos de manutenção (POST e RYUTOV, 2000A; LEE *et al.*, 2006; LIU *et al.*, 2006; YAGHOUBI *et al.*, 2012; DONA e SINGH, 2017), o que encoraja o surgimento de sistemas Maglev urbanos como o UTM coreano e o Linimo japonês (PARK *et al.*, 2009; SHIN *et al.*, 2011; AICHI RAPID TRANSIT CO., 2016)

O custo unitário operacional em sistemas de transporte é inversamente proporcional à Taxa de Ocupação dos veículos (relação entre a quantidade de passageiros transportados e a lotação máxima). Neste contexto, de forma semelhante ao HSR, a implantação de linhas de Maglev substituindo corredores arteriais de ônibus surge como alternativa atraente para políticas de mobilidade urbana em cidades passíveis de congestionamentos frequentes visto que a alta capacidade modular dos trens de levitação magnética permite a rápida adaptação à demanda de passageiros e alia a baixa produção de ruídos e poluentes no ambiente urbano.

Neste sentido, tomando a região metropolitana de Juiz de Fora – RMJF como alvo de estudos de mobilidade urbana e sua interação com outros municípios próximos que compõem uma rota até o Aeroporto Regional Presidente Itamar Augusto Cautieiro Franco (identificado como SBZM segundo a nomenclatura da Organização Internacional da Aviação Civil – ICAO, e como IZA pela Associação Internacional de Transportes Aéreos – IATA), o presente estudo visa lançar premissas para a implantação de uma linha de trens de levitação magnética para transporte de cargas e pessoas na ZMJJF (Figura 6) de forma a encorpar o debate e possibilitar futuras pesquisas de mobilidade, criando um suporte teórico embasado por uma criteriosa revisão sistemática da literatura, esboçando conhecimentos referentes à luz da tecnologia de levitação magnética e da evolução das redes de tráfego de Juiz de Fora ao longo de toda sua história, afinal, o município foi um dos precursores na implantação de redes de trens no Brasil Imperial, possuindo assim, um vínculo direto tanto com a com sua expansão urbana, quanto na materialização do uso e ocupação do espaço ao longo do tempo.

Figura 6 – Trajeto proposto para a linha de trens Maglev.



Fonte: O autor.

1.2. OBJETO

A pesquisa aqui apresentada tem por objeto de estudo a tecnologia de trens de levitação magnética aplicada às necessidades de ligação intermodal dos meios de transporte de pessoas e cargas em um centro urbano em expansão como a cidade de Juiz de Fora – polo regional da Zona da Mata mineira e quarto maior município do estado de Minas Gerais, segundo dados do censo realizado no ano de 2010 pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 2010).

Segundo dados da Fundação João Pinheiro, a cidade contribui com 33% da economia total da mesorregião enquanto o setor da indústria no município com 40,2% deste percentual. O setor de serviços é o que mais impacta nos números da economia na mesorregião com 61% de participação (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2013).

A partir destes dados, justifica-se o papel da cidade de Juiz de Fora como polarizadora direta de produtos e serviços em sua microrregião de inserção, inserindo-se no conceito de cidade média segundo Santos e Silveira (2008), que observam:

“As cidades médias comandam o essencial dos aspectos técnicos da produção regional, deixando o essencial dos aspectos políticos para aglomerações maiores, no país ou no estrangeiro, em virtude do papel

dessas metrópoles na condução direta ou indireta do chamado mercado global.” (SANTOS e SILVEIRA, 2008)

Reforçando este conceito, Sposito (2009) destaca como características de uma cidade média:

“[...] o papel de intermediação entre as pequenas e as grandes, então são cidades que comandam uma região, que polarizam uma região, que crescem em detrimento da sua própria região ou crescem em função da sua própria região, as duas coisas acontecem. Cidades médias que ampliam seus papéis, porque diminuem os papéis das cidades pequenas a partir de uma série de mecanismos econômicos, ou cidades que, em função do tipo de atividade que têm, das lideranças que ali se encontram, são capazes de crescer e propor um projeto ou desempenhar um papel político, econômico e social de crescimento para toda uma região” (SPOSITO, 2009).

Em seu relatório apresentado no ano de 2015, a Federação das Indústrias do estado de Minas Gerais aponta que na Região da Zona da Mata mineira localizam-se importantes eixos de escoamento da produção nacional. O crescimento das cidades da região, principalmente Juiz de Fora e Ubá, fez surgir perímetros urbanos adjacentes a trechos de rodovias que com o passar dos anos tornaram-se coincidentes com ruas e avenidas. Como reflexo da utilização simultânea dos sistemas viários, urbano e rodoviário, observa-se a sobrecarga das capacidades de escoamento do tráfego local com prejuízos para seus usuários (FIEMG, 2015).

Ainda na questão geográfica, a cidade de Juiz de Fora situa-se de forma estratégica entre as cidades do Rio de Janeiro e Belo Horizonte, distante cerca de 190km da primeira e 270km da segunda, margeada pela rodovia BR-040, que liga ambas as capitais estaduais ao Distrito Federal; e também nas cercanias da BR-393, que liga o eixo Rio-São Paulo ao estado do Espírito Santo, ambas importantes vias de escoamento da produção de carga do sudeste do país através do modal rodoviário (Figura 7).

Figura 7 – Inserção estratégica de Juiz de Fora.



Fonte: Adaptado de Google Maps.

Juiz de Fora ainda conta com a presença da linha férrea cruzando o seio da cidade que teve, no passado, papel importante para o desenvolvimento desta como destaque entre os municípios de seu entorno. Atualmente, a MRS Logística opera trens de carga sob concessão do Governo Federal no trecho que liga a cidade do Rio de Janeiro a Belo Horizonte, remanescente da Linha do Centro da extinta Estrada de Ferro Central do Brasil, entre outros (Figura 8).

Figura 8 – Mapa da rede ferroviária operada pela MRS Logística.



Fonte: MRS logística.

A cidade de Juiz de Fora é vizinha ao Aeroporto Regional Presidente Itamar Augusto Cautieiro Franco, detentor da terceira maior pista de pouso do estado – com 2.525m de extensão possuindo sistema de operações por instrumentos, terminal de cargas e passageiros e operou, no ano de 2013, 2537 movimentações de pousos e decolagens (BRASIL, 2013 *apud* BRASIL, 2016).

Neste cenário, a implantação de um sistema de transportes de alta velocidade capaz de fazer a ligação intermodal de cargas e pessoas entre Juiz de Fora e os municípios vizinhos torna-se atrativa do ponto de vista político, econômico e ambiental.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo lançar as premissas para implantação de uma linha proposta de trens magnéticos de alta velocidade para a conexão do Aeroporto Regional da Zona da Mata - SBZM ao centro de município de Juiz de Fora/MG.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estudar os benefícios da criação de um eixo de transporte expresso à luz da questão da proposta de criação da região metropolitana de Juiz de Fora;
- Identificar a possível relação entre o potencial aumento da mobilidade urbana e a subutilização do SBZM;
- Identificar as vantagens da implantação do Maglev e os possíveis benefícios para a mobilidade urbana na cidade de Juiz de Fora.

1.4. DELIMITAÇÃO

A delimitação da pesquisa, inserida no campo dos transportes, aborda a mobilidade urbana da proposta região metropolitana de Juiz de Fora com a implantação de uma linha de trens magnéticos intermunicipal. Esse recorte é proposto devido às possibilidades de integração regional gerado pela intermodalidade dos sistemas de transportes preexistentes com o sugerido.

1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho se estrutura em seis capítulos e anexo. No primeiro capítulo, serão apresentados a introdução ao tema proposto, o objeto de pesquisa, a justificativa de escolha do presente tema, os seus objetivos, sua delimitação e sua compreensão.

No segundo capítulo, toma forma a revisão sistemática de literatura afim de criar-se o arcabouço teórico necessário para a compreensão do objeto de pesquisa e futura análise de seus desdobramentos sobre os objetivos almejados.

No terceiro capítulo apresentam-se os materiais e métodos empregados na construção desse trabalho, esmiuçando o percurso metodológico de revisão sistemática de literatura.

O quarto capítulo levanta estudos de casos e conseguinte análise de dados das aplicações comerciais de trens Maglev no cenário mundial.

No quinto capítulo serão realizadas as análises e discussão sobre a pertinência da implantação da tecnologia de trens de levitação magnética na realidade da região metropolitana de Juiz de Fora.

Por fim, serão apresentadas as conclusões e recomendações para estudos posteriores.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. COMPLEXIDADE DA MOBILIDADE URBANA EM ZONAS METROPOLITANAS

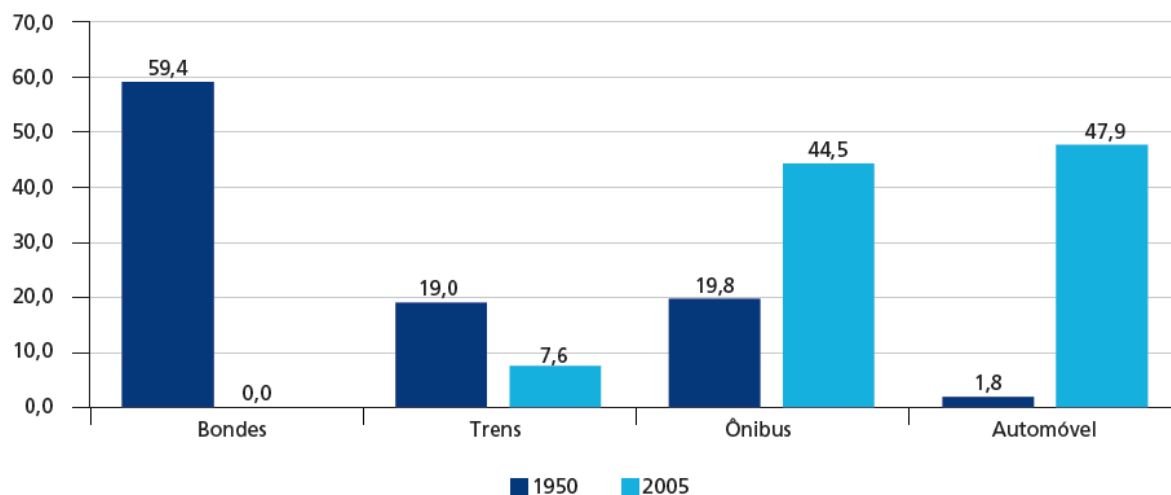
O padrão de mobilidade tem se alterado ao longo dos anos, partindo de um padrão com constituição simples de aglomerações urbanas (de polo e periferia), e percorrendo um caminho com direção a uma escala urbana mais complexa, com uma dimensão regional mais ampla em tempos mais atuais.

Em se tratando do cenário nacional de mobilidade urbana, Rubim e Leitão (2013), atestam que, com as políticas de incentivo para a indústria automobilística adotadas pelo governo Juscelino Kubitschek a partir da década de 1950, em vigor até os dias atuais, o uso do automóvel – inicialmente visto como solução da mobilidade urbana, tornou-se um problema presente em praticamente todos os grandes centros urbanos sendo alvo de discussão por seus impactos sociais, ambientais e de saúde gerados pelo uso exagerado de um único modal no transporte de pessoas visto que, segundo os autores, atualmente mais de 50% dos domicílios do país já possuem um automóvel ou uma motocicleta em suas garagens, corroborando os números expostos na Figura 2.

Em retrospectiva, até o início da década de 1950 o deslocamento majoritário da população nas cidades brasileiras dava-se predominantemente por veículos coletivos, com destaque para os sistemas sobre trilhos e pelo transporte não motorizado, tendo em vista que a indústria automobilística nacional era bastante incipiente (PAULA, 2000; RUBIM e LEITÃO, 2013; CARVALHO, 2016)

Com o avanço da indústria automotiva no país incentivada pelo Governo Federal, os deslocamentos motorizados individuais sofreram natural crescimento no cenário urbano brasileiro e, em contrapartida, os sistemas de transporte público sobre trilhos vivenciaram uma forte redução de sua importância na matriz de transportes urbanos e interurbanos, culminando com a prática extinção dos sistemas de bondes elétricos urbanos e trens de passageiros intermunicipais do país (PAULA, 2000; CARVALHO, 2016). A evolução da escolha por meios de transporte motorizado na cidade do Rio de Janeiro é exposta na Figura 9:

Figura 9 – Distribuição relativa de deslocamentos na cidade do Rio de Janeiro entre 1950 e 2005.



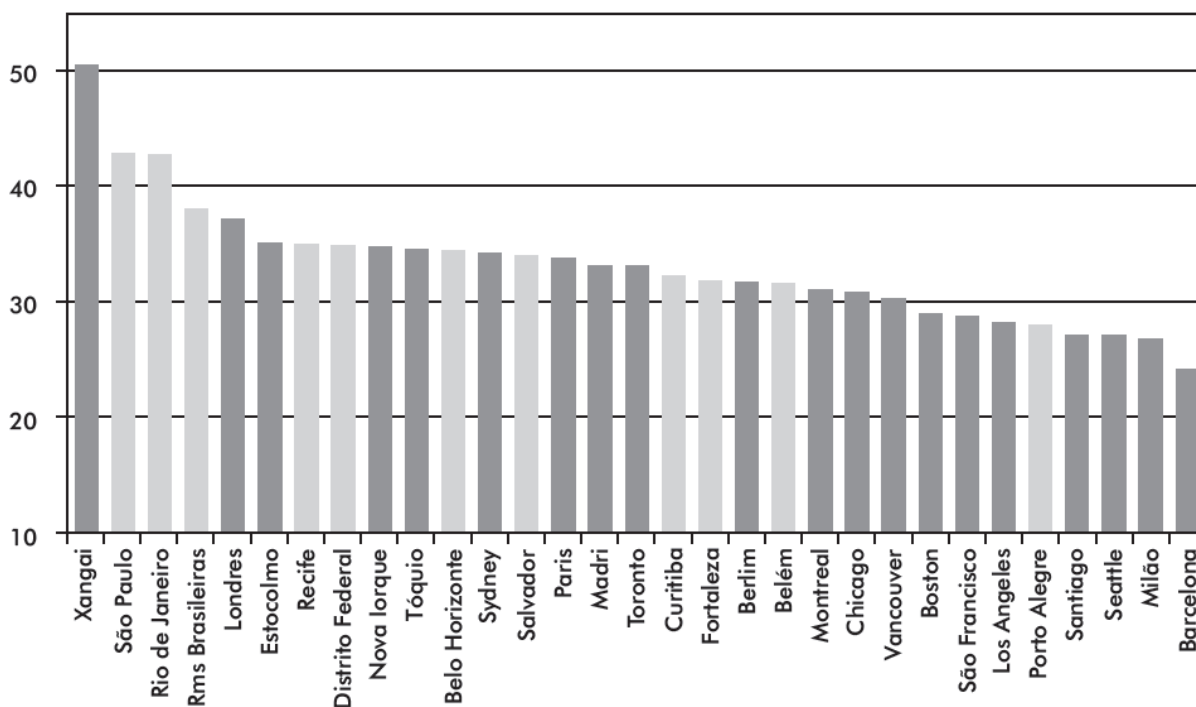
Fonte: Extraído de Carvalho (2016).

Aos olhos de Carvalho (2016):

“Em termos de sustentabilidade, esse processo foi bastante negativo, pois o país deixou de ter sistemas de transporte urbano que privilegiavam os deslocamentos coletivos, públicos, eletrificados e sobre trilhos para sistemas que privilegiam os deslocamentos privados, individuais, rodoviários e diretamente dependentes de combustível fóssil, já que estes se constituíram na principal fonte energética das mais representativas modalidades de transportes atualmente.”

Segundo os dados divulgados pelo IBGE, no último censo realizado o número de automóveis no país cresceu 138,6%, enquanto a população brasileira teve expansão de apenas 12,2% (BRASIL, 2010). Rubim e Leitão (2013) corroboram com os dados de Pereira e Schwanen (2013) onde, num *ranking* mundial comparando as cidades com maior tempo de deslocamento casa-trabalho, cinco cidades brasileiras estão entre as dez menos eficientes (Figura 10).

Carvalho e Pereira (2012) apontam que, com o aumento da renda média do cidadão brasileiro a partir da década de 1990, os gastos com transporte público diminuíram cerca de 25% até os dias atuais, indicando que o transporte público, como indicativo de bens e serviços possui características inferiores quando comparado ao transporte particular. No período, o único modal de transporte público que apresentou aumento de demanda foi o ferroviário, devido a investimentos na malha e congestionamentos rodoviários (CARVALHO, 2016).

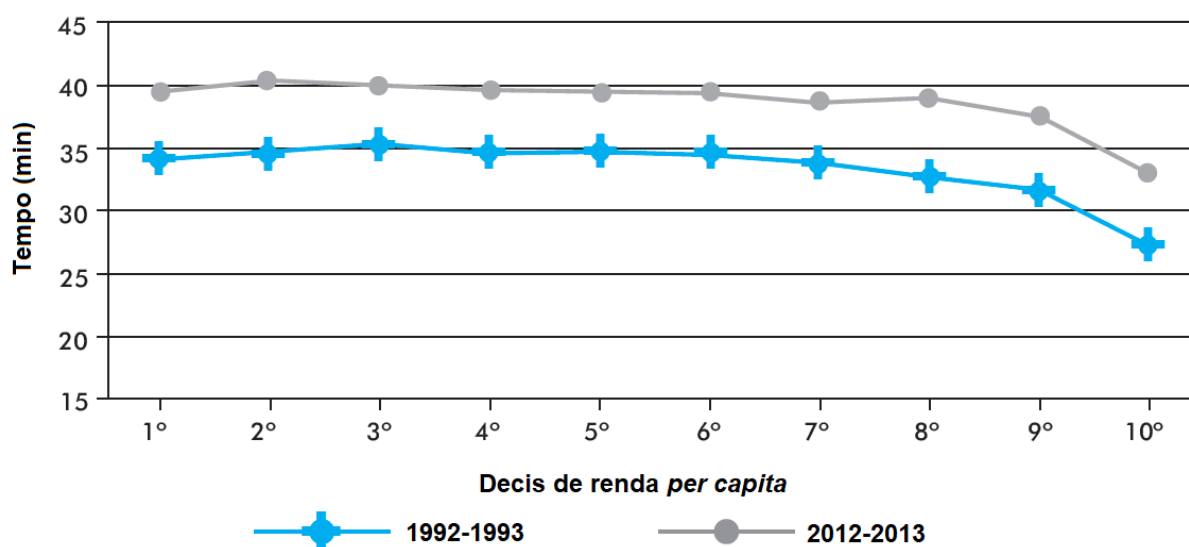
Figura 10 – Tempo médio de deslocamento casa-trabalho em minutos no Brasil e no mundo.

Fonte: Extraído de Pereira e Schwanen (2013).

Ainda para Carvalho (2016), o aumento dos tempos de viagens casa-trabalho nas regiões urbanas brasileiras é consequência negativa advinda do novo padrão de mobilidade individualizado dos dias atuais, principalmente nos grandes centros urbanos, onde se concentra a maior parte da frota de veículos. Em seu estudo, o autor cita os dados da Pesquisa Nacional por Análise dos Domicílios, realizada pelo IBGE, que indicam um crescimento de 12% nos tempos de viagem dos trabalhadores inseridos em regiões metropolitanas, mesma tendência do percentual observado dos trabalhadores que gastam mais de uma hora para chegar ao trabalho, um indicativo de que as obras de mobilidade realizadas foram insuficientes ao prover uma melhoria nas condições de deslocamento dessa população (Figura 11).

Na cidade de São Paulo, o prejuízo econômico decorrente de problemas no trânsito e a consequente piora na mobilidade urbana alcançou a soma de R\$ 40 bilhões no ano de 2012, o correspondente a 1% do PIB nacional que, se dividido pelo número médio de cidadãos paulistanos atingidos pela ineficiência do sistema de transportes, equivale a perda de cerca de R\$ 3.600,00 anuais devido à improdutividade gerada por congestionamentos (OECD TRANSPORT RESEARCH CENTRE, 2007; FGV, 2012, *apud* RUBIM e LEITÃO, 2013).

Figura 11 – Tempo de deslocamento casa-trabalho por decil de renda familiar *per capita* em regiões metropolitanas brasileiras.



Fonte: Extraído de Pero e Stefanelli (2015).

Análise semelhante foi realizada por Young *et al.* (2013 apud Pero e Stefanelli, 2015), onde foram utilizados dados sobre o tempo de deslocamento e a renda presentes no Censo Demográfico de 2010 na estimativa dos custos econômicos causados por congestionamentos na cidade do Rio de Janeiro, que variaram entre R\$ 6,7 e R\$ 13,5 bilhões apenas na região metropolitana, correspondentes a 1,9% e 3,8% do PIB estadual do mesmo ano, respectivamente.

Esses dados são indicativos de um fenômeno da exclusão social crescente, que pode ser entendido como a falta ou a negação de acesso a recursos, direitos, bens e serviços, além da incapacidade de participar das relações e atividades normais, disponível para a maioria das pessoas em uma sociedade, seja em arenas econômicas, sociais, culturais ou políticas e, no contexto da mobilidade urbana, a exclusão de grupos específicos da população pode ser relacionada a algumas características e dimensões, do sistema de transporte (PERO e STEFANELLI, 2015).

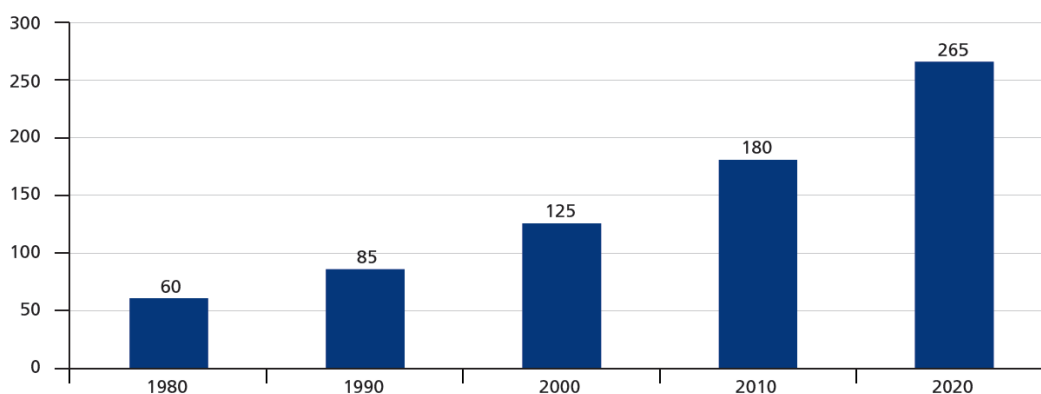
Segundo os mesmos autores a exclusão física e geográfica decorrentes da exclusão de alguma parcela da população ao acesso do sistema de transportes, seja pela inexistência de linhas, informações, veículos com características compatíveis a portadores de necessidades especiais ou seja pela falta de atendimento do sistema de transporte público, acrescentadas à exclusão dos centros de serviços e comércio em decorrência da distância em relação a mercados, escolas, serviços de saúde e lazer

assim como os custos financeiros das viagens ou ainda consequentes do desemprego entre outros fatores excludentes como a insegurança de algumas regiões devido à violência ou jornadas duplas recaiam sobre a parcela mais pobre da população, forçada a viver em regiões mais distantes do mercado empregador e utilizar meios precários ou ineficientes de transporte (PERO e STEFANELLI, 2015).

Essas afirmações vem de acordo com o estudado por Pereira e Schwanen (2013), que, ao analisar dados da Pesquisa Nacional por Análise de Domicílios, concluem que as parcelas mais pobres da população gastam quase 20% a mais de tempo do que os mais ricos nos deslocamentos para o local de trabalho, sendo que destes, 19% dos mais pobres fazem viagens com duração acima de uma hora por trecho percorrido enquanto entre as parcelas mais ricas esta proporção decresce para apenas 11% dos trabalhadores, padrão que segue o exposto pela Figura 11 onde cidadãos mais ricos gastam, em média, menos tempo para se deslocar até o trabalho.

Como dito anteriormente nesta seção, no quesito sustentável, a utilização de sistemas de transporte coletivo ou individual movido por motores de combustão interna ainda é responsável pela deterioração ambiental e da saúde pública visto que tais veículos produzem ruído ao funcionar e têm como subproduto da queima do combustível fóssil ou biocombustível a emissão de monóxido e dióxido de carbono na atmosfera, o último utilizado como indicador de poluição global, além de particulado no caso dos motores com ciclo diesel (OECD TRANSPORT RESEARCH CENTRE, 2007; INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS, 2015; CARVALHO, 2016) A evolução e a previsão das emissões de dióxido de carbono (CO₂) no Brasil se fazem presentes na Figura 12.

Figura 12 – Emissão de CO₂ em milhões de toneladas por veículos automotores no Brasil.



Fonte: Carvalho (2016).

O aumento na motorização também causa um incremento dos acidentes de trânsito, uma vez que sistemas autônomos de condução e prevenção de acidentes rodoviários embarcados nos veículos ainda não sejam uma realidade, embora testes avançados já estejam em prática (URMSON e WHITTAKER, 2008; YANG e COUGHLIN, 2014; GREENEMEIER, 2018).

Isso se traduz, somente no cenário brasileiro, em um aumento significativo de mortes por acidentes rodoviários nas últimas décadas. Carvalho (2016) apurou em seu estudo, mediante dados fornecidos pelo sistema Datasus, um aumento de 21% do número de fatalidades. Neste universo, um fato positivo encontrado foi no decréscimo do número de atropelamentos a pedestres que, no período de 1997 a 2011, decresceu em 26%. O número de fatalidades envolvendo motociclistas, entretanto, mostrou um aumento de 1080%. Tais fatalidades, mostradas na Tabela 1, custam em média R\$ 40 bilhões por ano em despesas com saúde.

Tabela 1 – Acidentes fatais por transporte terrestre no Brasil.

Categoria	1997	2012	Variação (%)
Pedestres	12.500	8.819	-26,00
Motociclistas	973	12.544	1080,40
Automóvel	3.900	10.525	159,30
Ciclistas	426	1.492	246,20
Outros	17.821	11.432	-38,60
Total	35.620	44.812	21,40

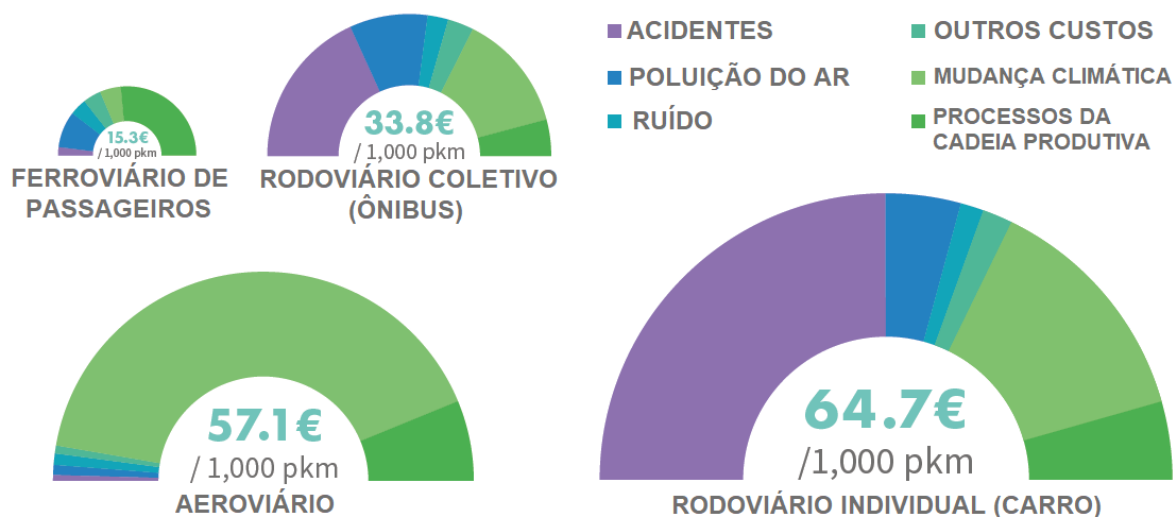
Fonte: Carvalho (2016).

Quando combinadas os custos das externalidades causadas pela ineficiência da mobilidade urbana por passageiro-quilômetro (pkm) percebe-se que o investimento em meios de transporte coletivo terrestre são os que menos impactam os cofres públicos. Investir na integração modal ônibus-trem surge como alternativa aos problemas de transporte enfrentados pelas regiões metropolitanas do globo, como ilustra a Figura 13.

Para tal, o papel da gestão urbana tem extrema importância. Voltando ao legislado pela Política Nacional de Mobilidade Urbana, o texto de 2013 instrui que municípios com mais de 20 mil habitantes, equivalentes a cerca de 30% das cidades brasileiras, deveriam elaborar, até abril de 2015, um Plano de Mobilidade Urbana de modo a contemplar o exposto pela legislação e traçar, juntamente à sociedade, um

planejamento de curto, médio e longo prazos contemplando o deslocamento de bens e pessoas em trechos urbanos (BRASIL, 2013; RUBIM e LEITÃO, 2013).

Figura 13 – Externalidades do transporte europeu em 2008.



Fonte: Adaptado de UIC (2015).

Pensando no fenômeno da mobilidade urbana sustentável dentro do conceito mais amplo do desenvolvimento sustentável, a qual visa a promoção e integração do equilíbrio envolvendo a proteção do bioma natural e a satisfação das necessidades humanas baseada na oferta disponível e compatível com as demandas da população por bens e serviços com estabilidade e regularidade ao longo do tempo sem comprometer a capacidade futura de satisfação das demandas das próximas gerações, torna-se viável a aplicação desta filosofia aos aspectos social, ambiental e econômico dos sistemas de mobilidade através da gestão pública conjunta entre os municípios integrantes de uma região metropolitana (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2005; DAVANZO *et al.*, 2010; RUBIM e LEITÃO, 2013; CARVALHO, 2016).

Dessa forma, assim como se trabalha o desenvolvimento sustentável nas três dimensões principais – econômica, social e ambiental, o mesmo pode ser feito em relação aos sistemas de mobilidade, sendo altamente relevante o papel do gestor público destes sistemas ao promover uma boa integração dos modais, serviços e infraestrutura de transportes para a melhoria do sistema de mobilidade urbana, buscando sua organização e melhoria contínua tangente ao atendimento das necessidades da população, uma vez que as relações e complementaridades entre a política de mobilidade e as demais políticas urbanas são tão importantes quanto as interações entre os modos e

infraestruturas de transporte (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2005).

Davanzo *et al.* (2010) definem o fato metropolitano como sendo:

“As metrópoles atuais são os “nós” de uma economia em rede, centrada na inovação. Já a metropolização se define pela dinâmica de concentração de funções econômicas ditas superiores, quais sejam, aquelas ligadas principalmente à pesquisa e inovação, ao setor financeiro, ao comércio e às atividades de cultura, lazer e grandes eventos de escalas nacional e internacional.

(...) A dinâmica econômica da metrópole pode então ser caracterizada por uma concentração econômica expressiva, pela presença de atividades econômicas dinâmicas, por ser *locus* de competitividade da economia e de funções econômicas superiores, sediando empresas e/ou atividades de importância nacional/mundial.”

Tais eventos podem ser associados à realidade da cidade de Juiz de Fora, recorte espacial deste trabalho que, além de preencher os requisitos expostos acima na realidade local da Zona da Mata do estado de Minas Gerais, seja pela inserção de uma Universidade Federal quanto pela presença de empresas de renome nacional e multinacional, exerce influência histórica na economia das cidades de seu entorno direto através das relações de integração e complementariedade entre núcleo urbano e municípios da área de influência, que resultam em fluxos entre o núcleo e a periferia (DAVANZO *et al.*, 2010).

Este cenário é intermediário quando comparado ao exposto por Sposito (2009) uma vez que, embora a cidade de Juiz de Fora exerça a centralidade interurbana sobre um número considerável de cidades pequenas em seu entorno, estas não são caracterizadas pela estrutura fundiária com grandes propriedades produtivas voltadas à agricultura e pecuária, muito embora tais atividades ainda exerçam fator preponderante na economia dos municípios-satélite da cidade regional (BRASIL, 2010).

Desta forma, havendo ou não estruturas fundiárias concentradas, ainda que as economias dos municípios-satélite atendam a interesses de capitais de pequeno ou médio porte, Juiz de Fora se sobressai no papel de comando na economia de seus dependentes, reforçando seu título de cidade regional, uma vez que os municípios

menores requerem serviços somente disponíveis na cidade maior, criando uma relação de produção e consumo que reitera a dependência entre metrópole e satélites que advém de processos de implantação industrial característicos da primeira metade do século XX e vivenciados na história juiz-forana (GIROLETTI, 1988; BASTOS, 2002; OLIVEIRA, 2005; PIRES, 2005; SPOSITO, 2009).

Sposito (2009) ainda reitera que a relação entre a cidade regional e os municípios de sua área de influência se caracteriza pela centralidade de estrutura monocêntrica uma vez que as espacialidades se constituem por dinâmicas de centralização político-econômicas fazendo com que a influência das relações se intensifiquem com a fragilidade do sistema urbano, denotado pela expressividade dos papéis urbanos desempenhados pelos municípios dependentes. Uma vez que a cidade de Juiz de Fora não se compara em termos de importância política e econômica com as grandes metrópoles nacionais e tampouco passa despercebida em meio aos demais municípios brasileiros, esta se enquadra na classificação de cidade média.

Em sua pesquisa, Deus (2008) conclui:

(...) o que define uma cidade média é sua função, seu grau de polarização, seus equipamentos de serviços e de lazer e o papel que sua estrutura urbana exerce na região recebendo e emitindo externalidades, ou seja, a cidade média nada mais é que uma cidade com uma população acima da média regional, que exerce uma influência em uma determinada sub-região, com funções que a fazem assumir o papel de polo regional na hierarquia urbana, provendo o consumo produtivo e coletivo da sub-região onde está inserida”

Entretanto, diferentes países e instituições classificam as cidades médias a partir de uma análise quantitativa do seu número de habitantes (Quadro 1), levantando estudos como o supracitado, de forma a melhor compreender os mecanismos e efeitos da governança interurbana, uma vez que os autores tendem a convergir no fato de que “a importância regional das cidades médias confere a elas um papel estratégico na rede urbana, servindo de referência para os pequenos aglomerados urbanos e o meio rural do seu entorno e estabelecendo, concomitantemente, relações com centros urbanos maiores e mais importantes hierarquicamente” (CARLOS e OLIVEIRA, 2014).

Quadro 1 – Classificação demográfica de cidades médias.

País / Instituição	Faixa de tamanho demográfico (habitantes)
Alemanha	150.000 – 600.000
Argentina	50.000 – 1.000.000
Banco Mundial	Até 1.000.000
Brasil (IBGE)	100.000 – 500.000
Dinamarca	Menor que 100.000
Espanha	30.000 – 130.000
Estados Unidos	200.000 – 500.000
França	20.000 – 100.000
Grécia	10.000 – 100.000
Irlanda	50.000 – 100.000
Itália	50.000 – 300.000
ONU	100.000 – 3.000.000
Paquistão	20.000 – 100.000
Portugal	20.000 – 100.000
Reino Unido	150.000 – 600.000
Suécia	50.000 – 200.000
União Europeia	20.000 – 500.000

Fonte: Souza et al. (2007) apud Carlos e Oliveira (2014).

Carlos e Oliveira (2014) prosseguem seu trabalho propondo uma classificação tipológica estabelecida de acordo com o papel ou os papéis desempenhados por essas cidades na rede urbana e no sistema econômico em que se insere levando em conta as relações existentes em seu território de inserção (Quadro 2).

Desta forma, o consumo de mercadorias e informações assume papel mais importante do que a produção econômica, uma vez que é a partir dele que se dá a estruturação dos fluxos definidores dos papéis intermediários dessas cidades (CARLOS e OLIVEIRA, 2014).

Este horizonte volta a corroborar com a ideia de que os atores intervenientes não institucionais representados pelos cidadãos residentes do território de influência da cidade média uma vez que, assim como alguns dos atores institucionais, têm dificuldade em reconhecer a existência do território metropolitano na condição de “viver território intermunicipal” (DAVANZO *et al.*, 2010).

Quadro 2 – Tipologia das cidades médias.

Tipos	Descrição
Centro de serviços	Cidade especializada em oferecer serviços públicos e privados para a população regional.
Centro administrativo	Cidade que abarca as diferentes instituições políticas e administrativas dos níveis estadual e federal.
Polo econômico	Cidade que desenvolve estratégias nos diferentes níveis (estadual, nacional e internacional) de produção industrial e comercialização em grande escala.
Centro turístico	Cidade que aproveita as potencialidades naturais, o patrimônio histórico e o cultural para promover atividades ligadas ao turismo.
Canal de comunicação	Cidade que utiliza sua localização relativa para servir de espaço de intercâmbio de pessoas, bens e informações.
Centro de fronteira	Cidade que aproveita sua posição geográfica e sua estratégia de desenvolvimento para dominar as relações em áreas de fronteira.
Centro regional	Cidade que concentra o comércio varejista e serviços especializados com alcance regional.
Centro de drenagem e consumo de renda fundiária	Cidade localizada em área pastoril que apresenta um complexo agroindustrial.
Centro especializado	Cidade que apresenta atividades especializadas que permitem estabelecer relações de longa distância, chegando ao nível internacional.

Fonte: Carlos e Oliveira, (2014).

O fato torna-se problemático para as estruturas de governança, uma vez que as ações tomadas com impacto na mancha urbana são, em geral, fruto de alianças políticas, fazendo com que a preocupação com respeito aos impactos dessas ações nos municípios sob influência da cidade média torne-se recomendável. Para a manutenção da governança metropolitana, a concentração do poder na cidade influenciadora como parte de uma estrutura altamente integrada, desprovida de freios e contrapesos, tanto no nível municipal quanto no estadual torna-se antieconômico (DAVANZO *et al.*, 2010).

Desta forma,

“(…) municípios e aglomerados urbanos devem buscar melhores condições de sustentabilidade dos seus sistemas de mobilidade, o que significa a redução das desigualdades existentes nas formas de deslocamento da população, com soluções econômicas equilibradas e financiamento com características

progressivas em relação à renda e que privilegiem a modicidade tarifária dos sistemas públicos de transporte.” (CARVALHO, 2016).

2.2. MOBILIDADE URBANA: MEMÓRIA HISTÓRICA DE JUIZ DE FORA

2.2.1. Importância histórica da ferrovia em Juiz de Fora

A história da ferrovia na cidade de Juiz de Fora em certo ponto confunde-se com a narrativa da Estrada de Ferro Leopoldina, entretanto, tem seu início com a chegada da Estrada de Ferro Dom Pedro II, no ano de 1875, margeando de certa forma a preexistente rodovia que ligava a cidade ao Rio de Janeiro – capital do Império. Tal ligação fortaleceu a posição político-econômica da cidade frente à região, fornecendo transporte barato aos moradores e um meio eficiente de escoamento da produção de café e outros gêneros (COSTA, 2013).

Nesta condição de entreposto comercial, pode ser dito que a maior parte dos produtos importados e exportados por Minas tinha passagem por Juiz de Fora em função de seu sistema de transporte rápido e eficiente, permitindo que na cidade se desenvolvessem características típicas de um polo econômico. A cidade começou, então, a atrair grandes interesses econômicos e financeiros, tornando-se palco de grandes negócios, de intensa circulação de mercadorias, e um centro atrativo para novos investimentos urbanos e para contingentes populacionais diversos culminando, entre os anos de 1855 a 1890, em um crescimento demográfico total de 167,42%. Em 1890, a cidade contava com 15.000 habitantes urbanos em um total de 74.136 e mais de 190 estabelecimentos comerciais (OLIVEIRA, 2005).

Nove anos depois da chegada do primeiro trem, uma nova estação é construída no centro da cidade em frente à estação da Estrada de Ferro Dom Pedro II, desta vez pertencente à Companhia Estrada de Ferro Juiz de Fora a Piau, no ano de 1884, posteriormente absorvida pela Estrada de Ferro Leopoldina no ano de 1888. Ambas estações originais foram substituídas com o tempo. A primeira estação – da Estrada de Ferro Dom Pedro II, foi substituída no ano de 1902 com a ascensão da atividade industrial, e a segunda – pertencente à Estrada de Ferro Leopoldina, substituída no ano de 1929. Ambas as estações permanecem preservadas atualmente, sendo que a estação da Estrada de Ferro Leopoldina abriga hoje o Museu Ferroviário de Juiz de Fora (COSTA, 2013).

Embora passasse a contar com duas companhias ferroviárias na cidade, a integração entre as vias férreas era impossível devido à incompatibilidade de bitolas empregadas nas linhas. Passageiros e cargas que desejassem fazer o transbordo de ramal, deveriam executar uma manobra de baldeação, saindo do trem da Estrada de Ferro Dom Pedro II – que utilizava a bitola de 1,60m, e embarcando no trem da Estrada de Ferro Leopoldina – que utilizava bitola de 1,00m.

Associada a presença de ambas as ferrovias na cidade de Juiz de Fora consolidou-se a posição da cidade como economia agroexportadora e posteriormente industrial na região. Segundo Giroletti (1988):

“(…) curioso que, já por essa época [do término da construção da rodovia 1861] Bernardo Mascarenhas pretendesse implantar sua indústria em Juiz de Fora, por três razões principais. Tratava-se de “importante cidade onde seria fácil encontrar pessoas habilitadas a exercer muitas profissões, ligadas [sic] ao Rio de Janeiro pela Estrada União e Indústria com seu magnífico sistema de transporte, o que facilitava o escoamento dos produtos, e uma queda d’água existente nas suas vizinhanças era mais do que suficiente para assegurar o funcionamento de uma grande fábrica”

Com o declínio da escravidão no Brasil e sua posterior abolição no ano de 1888, Juiz de Fora contou com uma constituição de mão de obra assalariada e técnica, fundamental para a formação do mercado de trabalho e que possibilitou o desenvolvimento industrial da cidade, contrária à tendência paulistana de absorver excedentes da lavoura cafeeira, com origens na imigração, principalmente alemã, para atender à construção da rodovia União e Indústria patrocinada pelo então comendador Mariano Procópio. Após o término das obras em 1861, muitos imigrantes passaram a formar o mercado de mão de obra para a indústria e outros tornaram-se pequenos empresários em diversos ramos industriais (BASTOS, 2002).

A indústria de juiz-forana teve um dos seus períodos de maior crescimento entre os anos de 1908 a 1920, consolidando um parque industrial sem precedentes no estado de Minas Gerais, quer pelo número de indústrias, quer pela riqueza produzida, tendo sua produção concentrada nos setores industriais tradicionais, notadamente no setor têxtil, fazendo com que a cidade fosse denominada de “Manchester Mineira” em referência à cidade manufatureira inglesa (BASTOS, 2002; PIRES, 2005).

Neste período, segundo Pires (2005), das 19 manufaturas instaladas no estado de Minas Gerais, 63% estavam situadas na região da Zona da Mata enquanto destas, 7 funcionavam na cidade de Juiz de Fora, fazendo com que a cidade fosse o mais importante centro industrial do estado, a frente inclusive da capital Belo Horizonte, uma vez que era detentora de 22% do capital em circulação no estado e de 26% do valor da produção industrial, conforme indica a Tabela 2:

Tabela 2 – Participação da indústria juiz-forana em relação ao Estado e à Zona da Mata – 1907.

	Minas Gerais	Zona da Mata	Juiz de Fora	% MG	% ZM
Número de estabelecimentos	524	192	43	8,2	22,34
Capital	26.515	10.459	5.859	22,09	56,01
Nº operários	9.421	2.997	1.516	16,09	50,58
Valor da produção	32.444	14.070	8.341	25,86	59,28
Capital por estabelecimento	53	54,47	136,25	157	150
Operários por estabelecimento	18	15,6	35,25	96	125
Valor da produção por estabelecimento	62	73,28	193,27	213	164

Fonte: Extraído e adaptado de Brasil (1986).

Até o final da década de 40 a indústria juiz-forana permaneceu crescendo. Entretanto, no final dos anos 30, já apresentavam sinais de crise que continuaria seu curso após o término da Segunda Guerra Mundial, promovendo um período de estagnação entre 1935 e 1941 e ligeiro encolhimento de pessoas empregadas e valores globais de produção - reflexo da crescente industrialização em São Paulo. Paula (1976 *apud* Bastos 2002) destaca, que a partir dos anos 50, a cidade enfrentou sérias deficiências de infraestrutura prejudiciais ao processo de industrialização, num período em que a unificação do mercado nacional (via construção do sistema viário) permitia que outras regiões antes atendidas por Juiz de Fora passassem a receber mercadorias vindas de São Paulo.

Durante o regime militar, a cidade passou por uma tentativa de revigorar seu parque industrial, com a implantação de novas indústrias que possibilitaram a manutenção do *status* de polo político-econômico regional. Todavia, o escoamento ferroviário da produção a partir da década de 1950 entra em declínio, culminando com a desativação do ramal da Estrada de Ferro Leopoldina no ano de 1974.

Atualmente na região metropolitana de Juiz de Fora o transporte ferroviário de cargas é operado pela empresa MRS Logística, que possui a concessão da Linha do Centro da antiga Estrada de Ferro Central do Brasil entre as cidades do Rio de Janeiro e Belo Horizonte (vide Figura 8), cortando os municípios de Simão Pereira, Matias Barbosa, Juiz de Fora e Santos Dumont.

Em seu mais recente relatório anual, a empresa alega um aumento de 1,4% no transporte de cargas em comparação com o ano de 2016, realizando o transporte de 171 milhões de toneladas transportadas que geraram para a empresa a receita bruta de 3,87 bilhões de reais, valor 6,5% maior que o verificado no ano anterior (MRS LOGÍSTICA, 2018).

No mesmo documento, a empresa aquiesce o crescimento de 20% da parcela referente ao transporte de cargas gerais em relação ao ano de 2016, as quais define como gêneros agrícolas, siderúrgicos, contêineres, cimento e outros, responsáveis por 42% de toda a carga transportada pela empresa em 2017 (Tabela 3).

Tabela 3 – Perfil de cargas transportadas pela MRS em 2017.

Volume Transportado (kTU)	4T17	3T17	4T16	2017	2016	2017 x 2016
Mineração	28.707	30.445	30.625	120.026	126.214	-4,9%
Minério de Ferro	27.837	29.814	29.882	116.867	124.000	-5,8%
Exportação	24.030	26.017	25.826	101.819	109.014	-6,6%
Mercado Interno	3.807	3.797	4.056	15.048	14.986	0,4%
Carvão e Coque	870	631	743	3.159	2.214	42,7%
Carga Geral	13.601	14.278	9.293	50.942	42.439	20,0%
Produtos Agrícolas	9.427	10.077	5.408	35.327	27.412	28,9%
Produtos Siderúrgicos	1.747	1.640	1.536	6.208	5.231	18,7%
Contêineres	413	503	445	1.841	1.780	3,4%
Cimento	365	415	503	1.561	2.355	-33,7%
Outros	1.649	1.643	1.401	6.005	5.661	6,1%
Total	42.308	44.723	39.919	170.968	168.653	1,4%

Fonte: Adaptado de MRS Logística, (2018).

A companhia atribui o crescimento do setor de cargas gerais ao aumento no volume de produtos agrícolas transportados pela MRS e pelas outras ferrovias que atuam em outras regiões do país, mas usam a malha ferroviária concedida à MRS através do direito de passagem remunerado, além da recuperação do setor siderúrgico, este presente na Região Metropolitana de Juiz de Fora – RMJF.

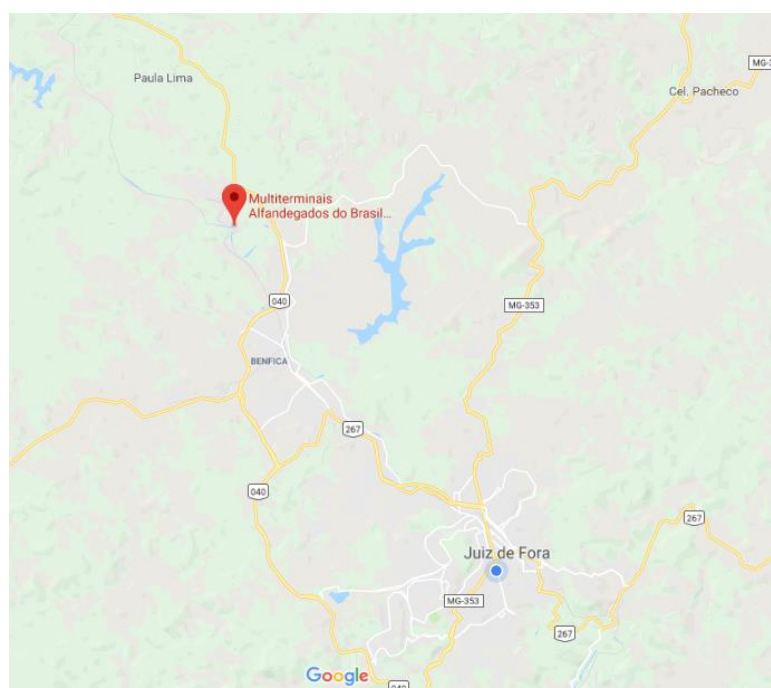
Em relação ao transporte de contêineres, a empresa alega crescimento de 3,4% superior ao registrado em 2016, sendo esse um dos destaques positivos de 2017 e alegando que

“O modal ferroviário está se fortalecendo neste segmento, devido às soluções logísticas e de segurança apresentadas. Na Companhia, foi estabelecido um modelo operacional para esse segmento, com horários fixos de atendimento às diferentes rotas nos principais centros econômicos da região sudeste do país.” (MRS LOGÍSTICA, 2018).

Cabe lembrar que o município de Juiz de Fora abriga um porto seco alfandegado operado pela empresa Multiterminais Logística Integrada com ligação direta aos modais rodoviário e ferroviário, nas imediações do distrito industrial do município (Figura 14).

A instalação possui capacidade de estoque dividida em 11.000 m² de armazéns cobertos, 116.783 m² de área de pátio para armazenagem de veículos, contêineres ou carga solta sendo que o último possui acesso ferroviário de 630 metros com capacidade de movimentar até 32 contêineres por cada manobra de composição. O terminal ainda abriga escritórios da Receita Federal, ANVISA e Ministério da Agricultura (MULTITERMINAIS LOGÍSTICA INTEGRADA, 2018).

Figura 14 – Localização do porto seco em Juiz de Fora.



Fonte: Adaptado de Google Maps (acesso em 20 maio 2018)

2.2.2. Estrada de Ferro Leopoldina

A importância da estrada de ferro Leopoldina é fundamental para a proposta desta pesquisa por repensar políticas públicas, mobilidade urbana e novas tecnologias, olhando para o passado. A proposta dessa pesquisa cria um aporte de reflexão do processo “evolutivo” do município e o afastamento temporal colabora com as análises do espaço geográfico atual fundamentado nas tecnologias e suas ofertas de locomoção.

A Companhia Estrada de Ferro Leopoldina foi fundada com o intuito de conectar as cidades de Porto Novo do Cunha e Leopoldina, no estado de Minas Gerais, em março de 1872 pelo então Imperador D. Pedro II para satisfazer o objetivo de conectar o estado à então operante Estrada de Ferro Dom Pedro II. Entre os anos de 1874 e 1891, a companhia expandiu sua malha viária e anexou diversas ferrovias de menor porte já existentes nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, alcançando uma malha de 2.127km (BRASIL *et al.*, 2012).

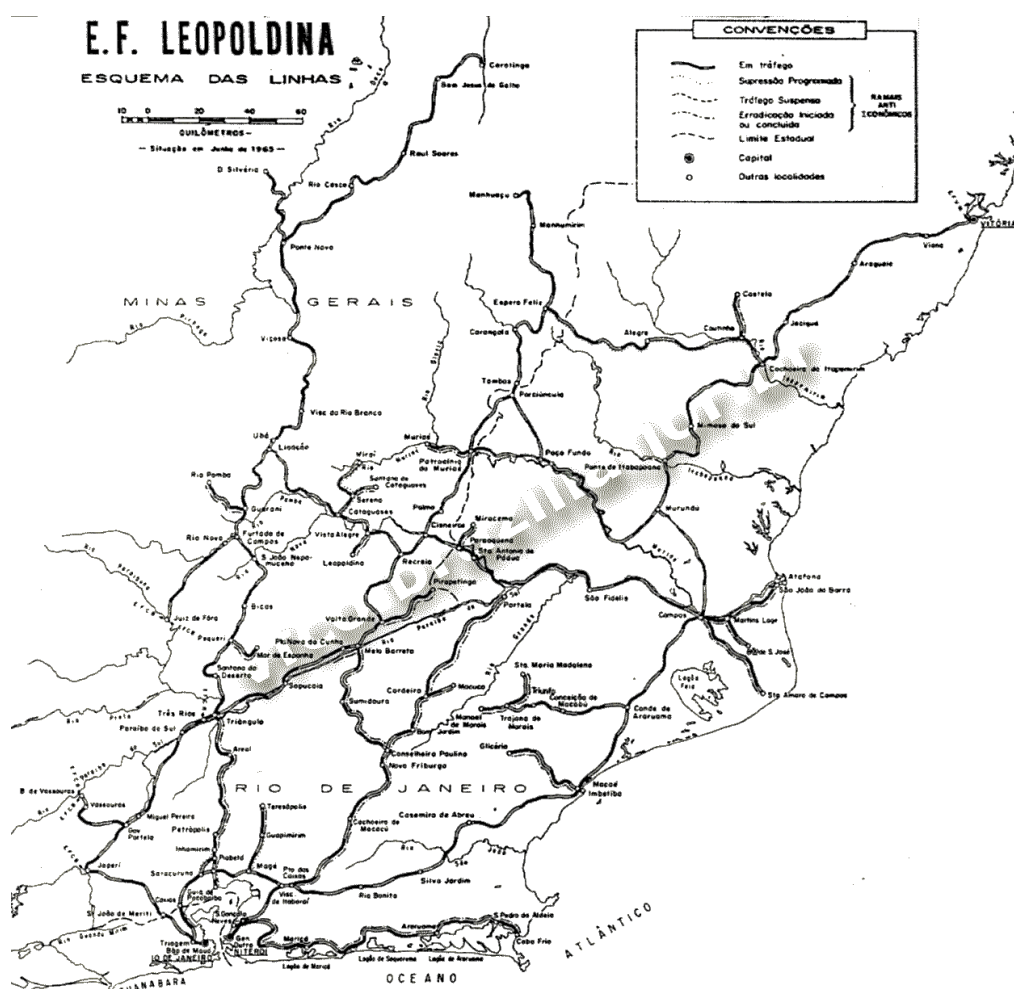
Entretanto, a falta de padronização das bitolas aliada aos gastos para aquisição dos diversos trechos de ferrovias e falhas na administração da empresa levaram à substituição da mesma em 1890 pela Companhia Geral das Estradas de Ferro. Poucos anos após a aquisição, passadas tentativas de revitalização sem sucesso, foi decretada a liquidação forçada da mesma, em meados de 1897. No final deste mesmo ano foi fundada, em Londres, uma nova empresa: *The Leopoldina Railway Company LTD*. Que passou a ter controle acionário da ferrovia e reorganizar as linhas, modernizar as operações e renovar o material rodante (BRASIL *et al.*, 2012; COSTA, 2013).

Nas décadas iniciais do século XX, após a crise de 1929 afetar de forma decisiva a economia cafeeira seguida pela recessão econômica pós Segunda Guerra Mundial, a *Leopoldina Railway* embarca em mais uma crise econômica culminando com a tomada de controle pelo Governo Federal no ano de 1950, que retoma o antigo nome à companhia: Estrada de Ferro Leopoldina, e entrega sua gestão ao Ministério da Viação e Obras Públicas (PAULA, 2000; BRASIL *et al.*, 2012; COSTA, 2013).

Durante o governo Juscelino Kubitschek (1955-1960), foi implementada uma articulada política de atração das indústrias automobilísticas estrangeiras, com a criação do GEIA - Grupo Executivo da Indústria Automobilística, em 1956. Fortalecia-se, igualmente, uma outra tendência no setor de transportes: a do desmonte das ferrovias. A

política rodoviária/automobilística viria seguida da progressiva desativação das estradas de ferro, particularmente das linhas do interior. Até que, em 1957, a Estrada de Ferro Leopoldina foi incorporada à Rede Ferroviária Federal S.A. (PAULA, 2000). Seus ramais podem ser contemplados na Figura 15, conforme constavam no ano de 1949.

Figura 15 – Mapa da Estrada de Ferro Leopoldina em 1949.



Fonte: <http://vfc.brazilia.jor.br/> (acesso em 08/05/2018).

Ainda segundo Paula (2000), a criação da RFFSA respondia a uma nova tendência na administração ferroviária, a de unificar todas as estradas, organizando-as em sistemas regionais. Essa tendência visava também a fortalecer os chamados “ramais estratégicos” e desativar progressivamente os “ramais antieconômicos” de forma que tornasse facilitada a retirada dos trens do interior e criando um conjunto de fatores que se inter-relacionam e formam um todo explicativo na questão da desativação: crescimento rodoviário, asfixia das ferrovias e extinção de ramais. Neste período, a Estrada de Ferro Leopoldina e a Rede Mineira de Viação foram alvos de duras críticas e das primeiras formulações de desativação de ramais deficitários.

No ano de 1961 a Rede Ferroviária federal cria um Grupo de Trabalho com o objetivo de fazer o levantamento das estradas de ferro ou ramais deficitários. A supressão de ramais antieconômicos era vista como pré-condição para a recuperação do sistema ferroviário como um todo. Neste ano, foi determinado o fechamento de 952 km de trilhos da Estrada de Ferro Leopoldina, em conjunto com outros ramais tidos como improdutivos em todo território nacional como mostra o Quadro 3 (PAULA, 2000).

Quadro 3 – Ramais a extinguir no ano de 1961.

Empresa	Extensão a erradicar (km)
Rede Mineira	1.087
Viação F. do Rio Grande do Sul	495
Rede F. do Nordeste	372
Rede Cearense	124
E. F. Central do Brasil	318
V. F. Paraná-Santa Catarina	4
E. F. Noroeste do Brasil	107
E. F. São Luis-Teresina	43
V. F. Leste Brasileiro	297
E. F. Leopoldina	952
Total	3.799

Fonte: Extraído de Estrada de Ferro do Brasil (1960), *apud* Paula (2000).

Outras medidas de desativação tomaram efeito em 1965 e 1966. Nesta época tornavam-se claras as intenções do governo federal em substituir a ferrovia pelas novas rodovias interestaduais em construção, segundo relata o “Plano de Substituição de Ferrovias e Ramais antieconômicos - Relatório do Grupo de Trabalho” nomeado pela Portaria 393/65 do Ministério de Viação e Obras Públicas, conforme citado por Paula (2000):

“(...)na realidade, a rodovia substituta será um fator de desenvolvimento da região, uma vez que a ferrovia já não cumpre plenamente as suas finalidades em virtude das próprias deficiências que, por sua vez, não podem ser sanadas por não haver densidade de tráfego que justifique a execução dos melhoramentos necessários.”

No ano de 1972, outros 95 km da ferrovia foram desativados por interesses distintos do governo militar em favor ao transporte rodoviário, que continua ganhando força no período e, em 1974, novo golpe: 1.136 km em trechos desativados (Quadro 4)

ou aguardando erradicação (Quadro 5) somente em ramais da Leopoldina, incluindo o que ligava Juiz de Fora a Furtado de Campos – tema de estudo da próxima seção (PAULA, 2000; BRASIL *et al.*, 2012).

Quadro 4 – Ramais erradicados em 31 de dezembro de 1974.

Ramal ou trecho	Extensão - km
Vila Inhomirim – Triângulo	74
Porto das Caixas - Cach. Macacu	40
Cach. Macacu - Cons. Paulino	41
Cordeiro – Macuco	20
Guarani - Rio Pomba	27
Volta Grande – Pirapetinga	31
Vista Alegre - Leopoldina	13
Patr. Do Muriaé - Muriaé	18
Virajaba - Cabo Frio	155
Pequeri - Mar de Espanha	25
Barcelos - Atafona	23
Usina do Poço Gordo - B. S. José	4
Guapimirim - Terezopolis	17
Cons. Paulino - Portela	121
Cons. Paulino - Melo Barreto	92
Triunfo - Manoel de Moraes	61
Trajanos - Sta. Maria Madalena	27
Coutinho - Castelo	21
Paraquema - Miracema	14
Macaé - Glicério	43
Cataguases - Miraí	35
Guacuí - Espera Feliz	47
Guacuí - Cach. Itapemirim	91
Sereno - Santana de Cataguases	13
Conde de Araruama - Triunfo	40
Gov. Portela - Barão de Vassouras	43
Total	1.136

Fonte: Extraído de MT/GESFRA (1974) apud Paula (2000).

Quadro 5 – Ramais ou trechos paralisados, aguardando erradicação em 31 de dezembro de 1974.

Ramal ou trecho	Extensão – km
Guia de Pacobaiba-Piabetá	12
Ponte Nova - D. Silvério	64
Furtado de Campos - Juiz de Fora	67
Itaperuna – Porciúncula	40
Candido Fróes - P. do Muriaé	36
Carangola – Manhuaçu	118

Guacuí - C. do Itapemirim	8
Total	345

Fonte: Extraído e adaptado de MT/GESFRA (1974) apud Paula (2000).

Parte da via voltaria a operar a partir de 1990 com o leilão da malha ferroviária brasileira em regime de concessão. Atualmente, um trecho do antigo ramal da Estrada de Ferro Leopoldina está em operação pela MRS Logística, após readequação da via para o tráfego de composições em bitola larga, de 1,60m, voltada para o transporte de cargas – em especial o minério de ferro (PAULA, 2000).

2.2.3. Proposta da Região Metropolitana de Juiz de Fora – RMJF

Com base na influência da cidade de Juiz de Fora e as contribuições geradas por sua microrregião para a zona da mata mineira, no ano de 2015 o deputado estadual Antônio Jorge propôs à Assembleia Legislativa do estado de Minas Gerais a criação da RMJF com a justificativa da prosperidade econômica e interligação entre os 33 municípios componentes da microrregião de Juiz de Fora de forma a beneficiar seus 730.264 habitantes segundo o censo brasileiro de 2010 (BRASIL, 2010) com políticas urbanas e incentivos à renda e emprego (JORGE, 2015).

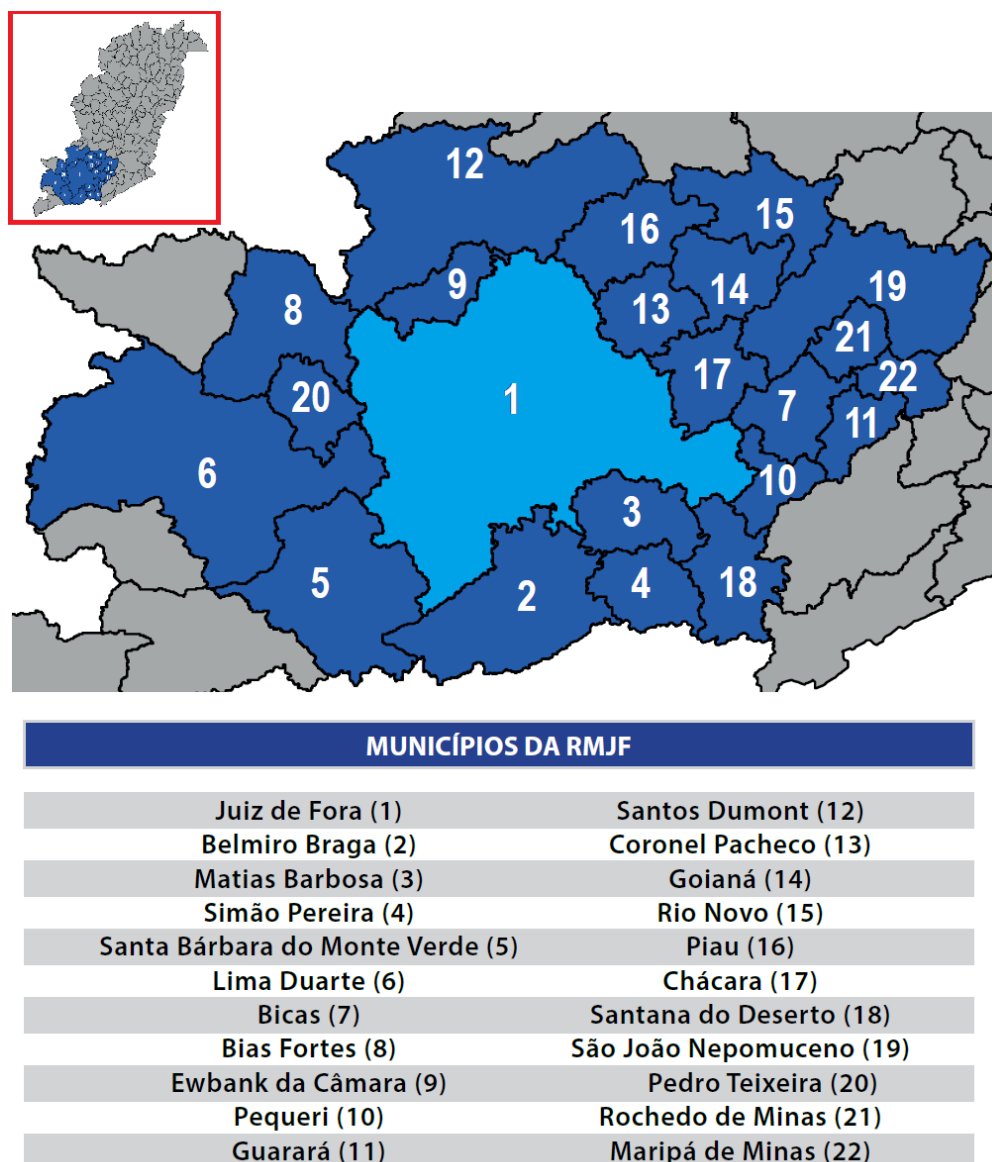
Ainda segundo o deputado:

“A região metropolitana que se propõe criar trará benefícios a toda a população. Serão criadas normas de controle do trânsito, com ênfase na melhoria da infraestrutura das vias que exerçam a função de ligação intermunicipal e serão prestados serviços que, diretamente ou por meio de integração física e tarifária, compreendam os deslocamentos dos usuários entre os municípios que compõem a Região Metropolitana de Juiz de Fora.” (JORGE, 2015).

Entretanto, a FIEMG (2015) entende que uma região metropolitana é um fato social e econômico, cuja essência é a metrópole: polo de atração de um grande espaço de produção e consumo. A caracterização de uma região metropolitana é a intensa urbanização que dá origem a funções públicas de interesse comum aos municípios que a compõem. Isso torna necessário integrar a organização, o planejamento e a execução de programas e políticas públicas nesses municípios.

Em seu relatório, a entidade também propõe a criação de uma região metropolitana, mas envolvendo apenas 22 municípios dos 33 que compõem a microrregião de Juiz de Fora (Figura 16).

Figura 16 – Região metropolitana de Juiz de Fora.



Fonte: FIEMG, (2015).

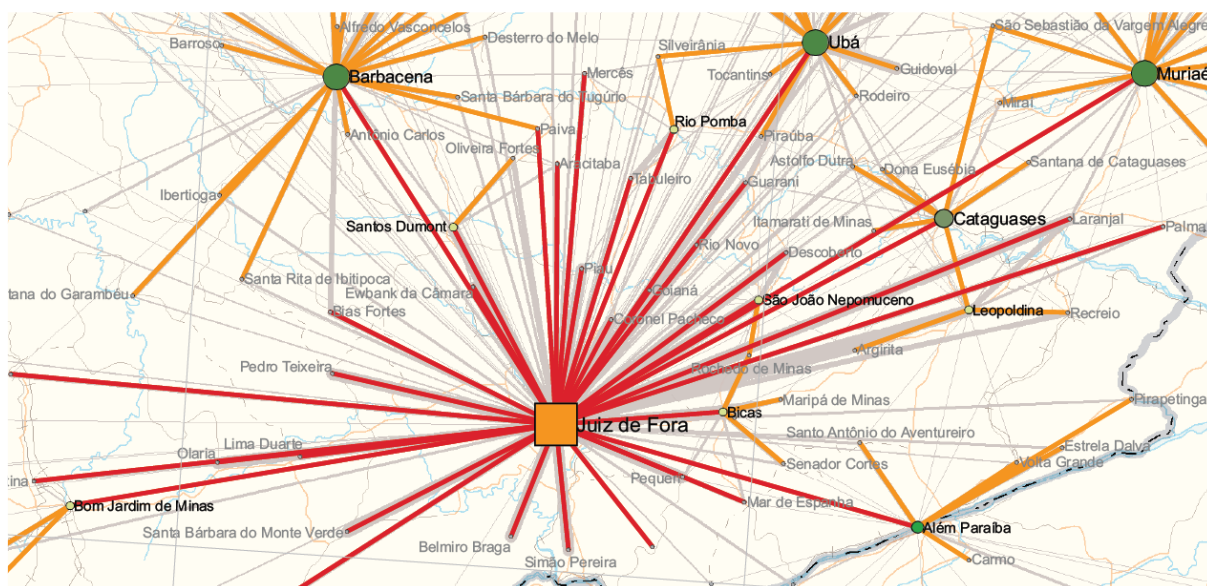
Esses municípios já apresentam grande integração, do ponto de vista demográfico. Contudo, a região sofre de sérias carências provocadas pela inexistência de projetos articulados, capazes de atender à grande demanda reprimida, notadamente na oferta de serviços essenciais e, ainda que mantenha uma posição de destaque na economia regional, a Região Metropolitana proposta vem sendo forçada a conviver, ano

após ano, com um déficit crescente em áreas como educação, saúde, habitação, segurança e transportes (FIEMG, 2015).

É importante esclarecer que a região metropolitana é um território portador de estruturas, conexões e dinâmicas próprias uma vez que seus diversos problemas não obedecem necessariamente à lógica das fronteiras jurisdicionais dos municípios (BRASIL, 2008), características essas observadas no contexto juiz-forano.

Seguindo os parâmetros de classificação hierárquica da rede urbana brasileira, Juiz de Fora figura como Capital Regional A por relacionar-se com o estrato superior da rede urbana sendo influenciada pelas redes do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte e influenciando diretamente seu âmbito regional, como as redes urbanas de Ubá, Muriaé e Barbacena (Figura 17) (BRASIL, 2008).

Figura 17 – Rede urbana de Juiz de Fora.



Fonte: Brasil (2008).

A região proposta para configurar a RMJF possui alta taxa de crescimento e de densidade populacional, apresentando de migração pendular consideráveis, com municípios facilmente caracterizados como cidades-dormitório, atividade econômica tipicamente urbana e, por fim, alta concentração de serviços financeiros na cidade polo de Juiz de Fora (FIEMG, 2015).

A Tabela 4 resume o quadro econômico da RMJF em comparação com a região metropolitana de Belo Horizonte – RMBH e o estado de Minas Gerais:

Tabela 4 – Quadro econômico da RMJF.

	RMJF	RMBH	MG
Variáveis demográficas			
População total	685.729	4.883.970	19.597.330
Densidade demográfica	96,6	515,6	33,4
Grau de urbanização	95%	96%	85%
%Crescimento da população a.a.	1,00%	1,20%	1%
Variáveis Econômicas			
PIB	R\$11.298.972,51	R\$386.155.622,31	R\$129.936.970,21
Valor Adicionado	R\$9.633.875,76	R\$108.412.373,54	R\$339.422.667,37
% de empregos em atividades urbanas	96%	98%	86%
PIB per capita	R\$16.588,62	R\$26.604,78	R\$19.704,50
Variável Funcional			
Deslocamentos para trabalho	12,7%*	22,70%	11,80%
Deslocamento para estudo	10,7%*	12,70%	9.25%
* Exclui o município de Juiz de Fora			

Fonte: FIEMG (2015).

2.2.4. Mobilidade urbana da Região Metropolitana de Juiz de Fora

No contexto de reorganização do território, considerando a complexidade da metropolização em espaços amplos e difusos, alguns aspectos devem ser pontuados no que dizem respeito à governança metropolitana e que devem ser observados na montagem dos aparatos de sua gestão de modo geral.

Para tal é necessário estudar as formas de conexão que compõem a região metropolitana de Juiz de Fora, isso significa abordar a realidade dos transportes atuais, seja rodoviário, ferroviário e aeroviário.

Diversos estudos têm apontado que quando alguns dos municípios que formalmente compõem uma região metropolitana não se sentem parte constitutiva do fenômeno urbano metropolitano, não se veem estimulados a participar das soluções de problemas que não os afetam diretamente e muito menos a financiá-las (DEUS, 2008; SPOSITO, 2009; CARLOS e OLIVEIRA, 2014).

Na medida em que sejam capazes de resolver isoladamente suas demandas de infraestrutura e de serviços urbanos, tendem a preferir esta opção a se associar a outros municípios da região (DAVANZO *et al.*, 2010). A falta de estudos que norteiem políticas públicas para soluções e até incentivos, contribui para a dificuldade de

mobilidade regional entre municípios, dificultando a acessibilidade de suas populações ao não tornar fluido o processo de ir e vir com bem-estar e segurança.

Atualmente na RMJF, 5,6% das pessoas se deslocam para outro município a trabalho, valor que corresponde a 13,3% quando excluem-se os trabalhadores residentes em Juiz de Fora (Tabela 5), proporção muito superior à do estado e da mesorregião da Zona da Mata, evidenciando que alguns municípios se caracterizam como municípios-dormitório, como é o caso de Matias Barbosa, Guarará e Ewbank da Câmara, com mais de 24%, 29% e 53% dos residentes trabalhando em outro município, respectivamente (FIEMG, 2015).

Tabela 5 – Proporção de pessoas que trabalham em outro município da RMJF.

Município	Total	Município de residência	Outro município	Mais de um município ou país
Juiz de Fora	246.706	95,6%	3,3%	1,0%
Belmiro Braga	1.492	91,0%	8,9%	0,1%
Matias Barbosa	5.992	71,7%	24,6%	3,7%
Simão Pereira	920	85,5%	12,9%	1,5%
Santa Bárbara do Monte Verde	905	91,0%	9,0%	0,0%
Lima Duarte	7.429	89,5%	10,1%	0,4%
Bicas	5.510	86,3%	11,9%	1,8%
Bias Fortes	1.934	94,3%	5,6%	0,2%
Ewbank da Câmara	1.445	46,7%	53,0%	0,3%
Pequeri	1.526	89,5%	8,5%	1,9%
Santos Dumont	17.027	84,2%	14,8%	1,0%
Coronel Pacheco	1.324	75,5%	22,6%	1,9%
Goianá	1.665	83,1%	16,5%	0,4%
Rio Novo	3.695	85,9%	11,8%	2,3%
Piau	1.339	95,2%	4,6%	0,2%
Chácara	1.109	85,1%	14,9%	0,0%
Santana do Deserto	1.509	79,1%	20,9%	0,0%
São João Nepomuceno	12.608	96,6%	3,0%	0,5%
Pedro Teixeira	704	99,4%	0,6%	0,0%
Rochedo de Minas	1.168	88,9%	10,7%	0,4%
Guarará	1.704	67,3%	29,0%	3,8%
Maripá de Minas	1.226	89,7%	7,7%	2,7%
RMJF	321.867	93,3%	5,6%	1,1%
RMJF sem Juiz de Fora	75.161	85,5%	13,3%	1,3%

Fonte: FIEMG, (2015).

Fato semelhante ocorre ao analisar os deslocamentos oriundos da necessidade de estudo da população da RMJF (Tabela 6). Diferentemente do encontrado

quando analisados às médias de deslocamentos para educação no estado de Minas Gerais, na região metropolitana de Belo Horizonte e na mesorregião da Zona da Mata, o número de pessoas que se deslocam para estudar na RMJF é de 11% quando não se considera a cidade de Juiz de Fora, uma vez que a cidade abriga os *campi* da Universidade Federal de Juiz de Fora com 20.294 estudantes (UFJF, 2018), do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais e de diversas outras instituições estatais e privadas de ensino técnico e superior.

Tabela 6 – Proporção de pessoas que estudam em outro município da RMJF.

Município	Total	Município de residência	Outro município
Juiz de Fora	144.544	98,2%	1,7%
Belmiro Braga	924	86,1%	14,0%
Matias Barbosa	3.673	80,9%	19,0%
Simão Pereira	670	91,0%	9,0%
Santa Bárbara do Monte Verde	772	89,0%	11,0%
Lima Duarte	4.192	92,0%	7,9%
Bicas	3.455	84,4%	15,6%
Bias Fortes	884	91,5%	8,5%
Ewbank da Câmara	991	91,7%	8,4%
Pequeri	779	87,2%	12,8%
Santos Dumont	12.006	94,4%	5,6%
Coronel Pacheco	716	83,7%	16,3%
Goianá	915	86,1%	13,9%
Rio Novo	2.132	83,7%	16,3%
Piau	576	90,1%	10,1%
Chácara	937	83,5%	16,4%
Santana do Deserto	938	72,3%	27,7%
São João Nepomuceno	6.446	91,3%	8,7%
Pedro Teixeira	453	96,0%	4,0%
Rochedo de Minas	548	87,8%	12,4%
Guarará	1.038	82,4%	17,6%
Maripá de Minas	649	88,1%	11,9%
RMJF	189.925	96,0%	4,0%
RMJF sem JF	45.381	89,0%	11,0%
Minas Gerais	5.681.177	92,40%	7,60%
Zona da Mata	590.069	92,60%	7,40%
RMBH	1.484.652	90,70%	9,20%

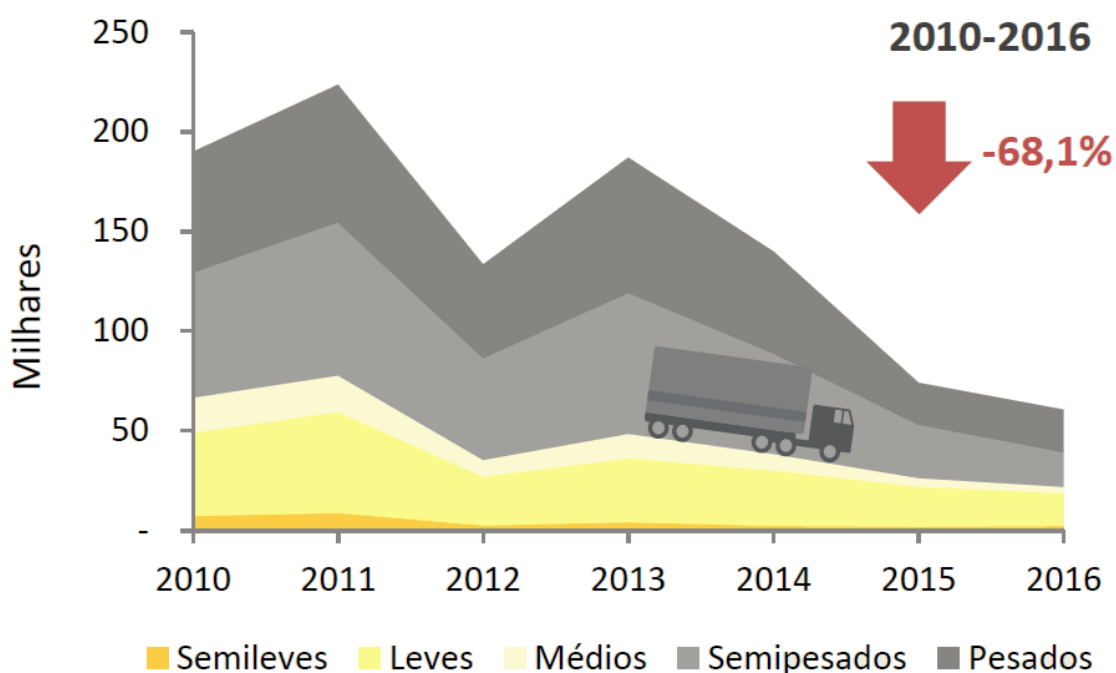
Fonte: FIEMG, (2015).

2.3. TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Como discutido nas seções 1.1 e 2.1, a grande maioria dos veículos de transporte em circulação na malha viária brasileira é composta por carros, motos e ônibus (BRASIL, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2017). Destes, somente 35% das viagens urbanas motorizadas são realizadas por veículos de transporte individual, contra 64% realizadas por linhas de ônibus e trens metropolitanos (IPEA, 2011, *apud* RUBIM e LEITÃO, 2013) e, embora a produção de veículos tenha apresentado queda entre os anos de 2010 e 2016, a frota nacional de veículos automotores continuou crescendo, conforme ilustram as Figuras 18, 19, 20 e 21:

Figura 18 – Produção nacional de caminhões entre os anos de 2010 e 2016.

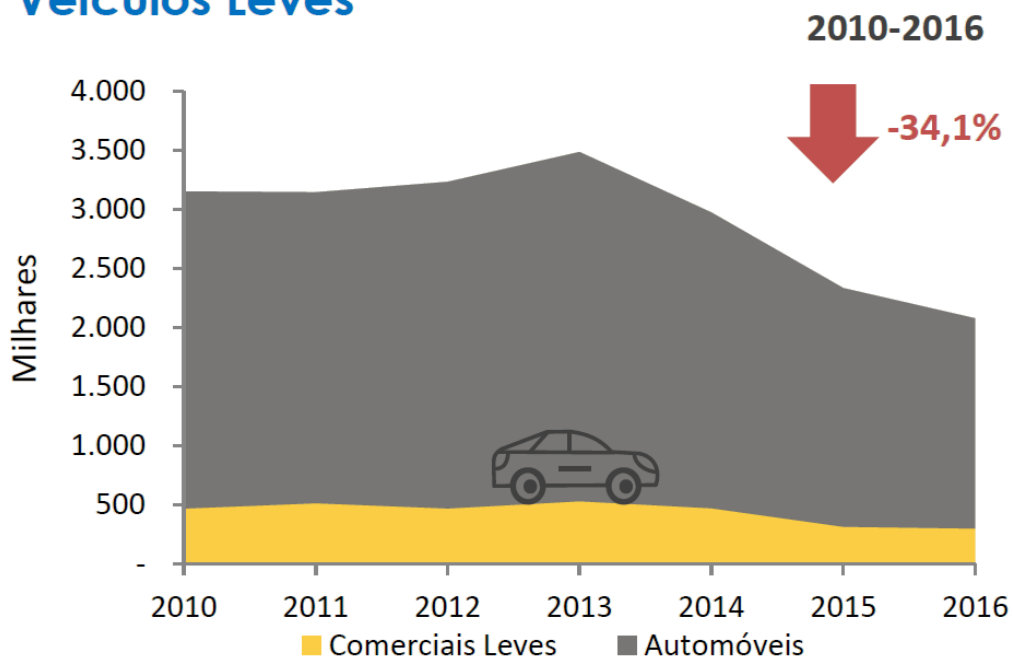
Caminhões



Fonte: BRASIL, Ministério dos Transportes (2017).

Figura 19 – Produção nacional de veículos leves entre os anos de 2010 e 2016.

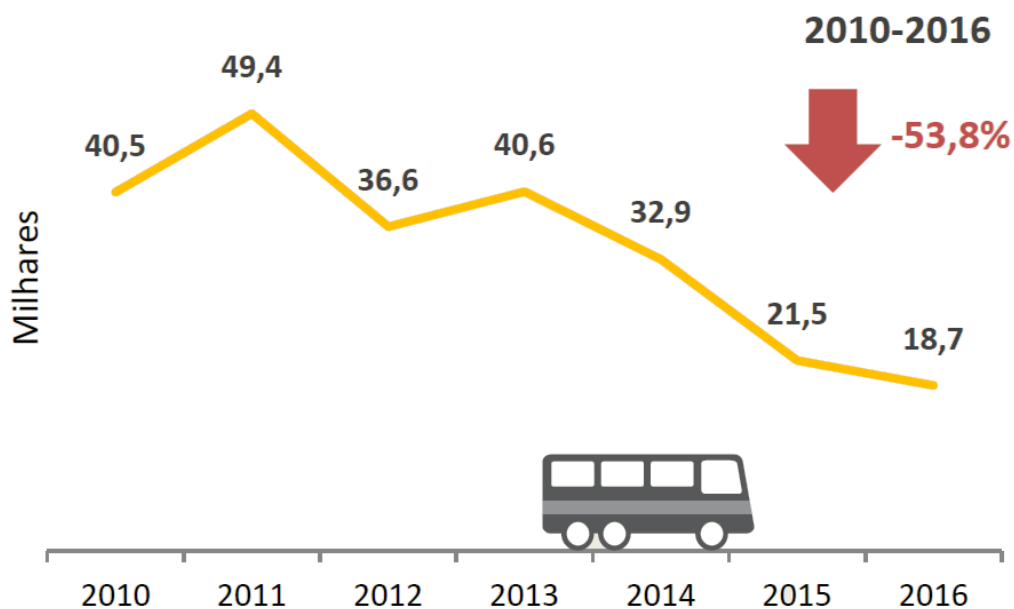
Veículos Leves



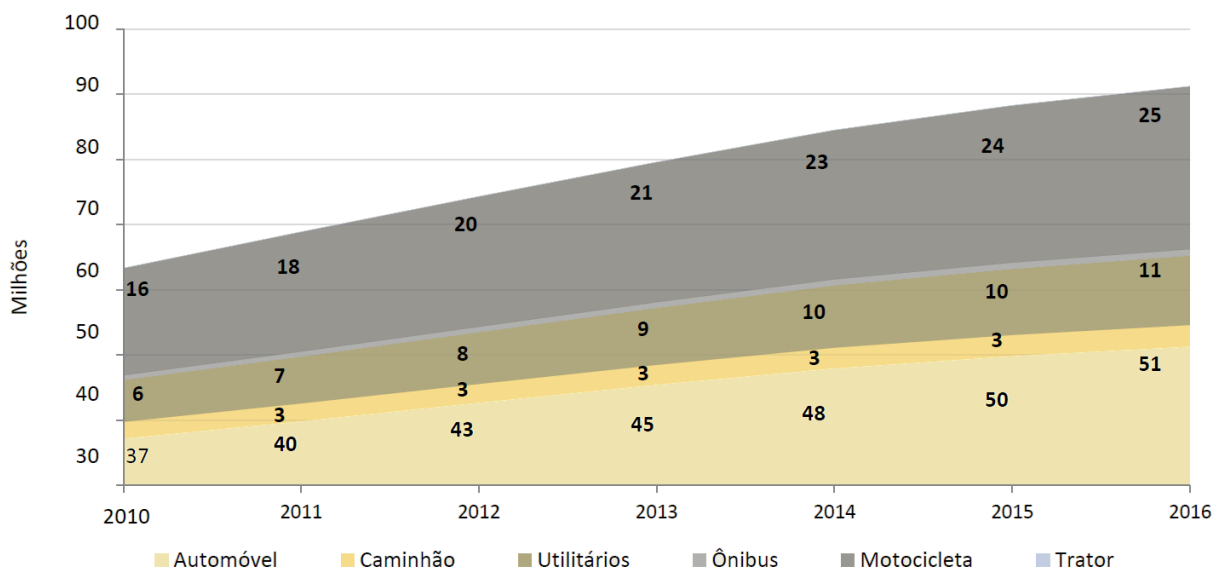
Fonte: BRASIL, Ministério dos Transportes (2017).

Figura 20 – Produção nacional de ônibus entre os anos de 2010 e 2016.

Ônibus



Fonte: BRASIL, Ministério dos Transportes (2017).

Figura 21 – Frota nacional de veículos automotores entre os anos de 2010 e 2016.

Fonte: BRASIL, Ministério dos Transportes (2017).

Rosana *et al.* (2011) caracteriza o trânsito como sendo uma disputa pelo espaço físico, mera reflexão de uma disputa pelo tempo e pelo acesso aos equipamentos urbanos e, portanto, uma negociação permanentemente conflituosa do espaço público pela coletividade, uma vez que a diversidade social-político-econômica faz com emergjam conflitos de interesse os diferentes grupos que compõem o ambiente urbano.

Os autores ainda discorrem que os deslocamentos no trânsito permeiam um sistema composto por via, veículos, usuários e contexto social, fazendo com que para a realização de sua função primordialmente social, as demandas dos participantes devem ser atendidas. Para tal, a performance do sistema de transportes – composta de horários de atendimento, rotas e infraestrutura, assim como as características dos usuários e suas necessidades de locomoção devem ser estudadas, compreendidas e atendidas sob pena de prejuízos socioeconômicos (ROSANA *et al.*, 2011).

Neste ponto, o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (2005), Rosana *et al.* (2011), Carvalho e Pereira (2012), Brasil (2013), Rubim e Leitão (2013) Pero e Stefanelli (2015) e Carvalho (2016) descrevem características semelhantes da realidade brasileira no que tange o sistema de transportes e as características desejadas para se obter uma sociedade que desfrute de maior índice de mobilidade urbana, com reduzidas emissões de poluentes e maiores taxas de sustentabilidade e eficiência. Tais características são listadas no Quadro 6:

Quadro 6 – Características atuais e desejadas do sistema brasileiro de transportes .

SITUAÇÃO ATUAL
• Produção de situações crônicas de congestionamento, com a elevação dos tempos de viagens e a conseqüente redução de produtividade das atividades urbanas;
• Prejuízos crescentes ao desempenho dos ônibus urbanos;
• Decréscimo do uso do transporte público regular;
• Aumento da poluição atmosférica;
• Aumento e generalização dos acidentes de trânsito;
• Necessidade de investimentos crescentes no sistema viário;
• Tráfego violando áreas residenciais e de uso coletivo;
• Redução de áreas verdes e impermeabilização do solo.
ESTADO DESEJADO
• Melhor qualidade de vida para toda a população, traduzida por melhores condições de transporte, segurança de trânsito e acessibilidade;
• Maior eficiência, traduzida na disponibilidade de uma rede de transporte integrada por modos complementares trabalhando em regime de eficiência, com prioridade para os meios coletivos.

Fonte: Rosana *et al.* (2011).

A cidade de Juiz de Fora, da mesma forma que a vasta maioria das cidades brasileiras, conta com um sistema de transporte público coletivo realizado exclusivamente por ônibus, muito embora a cidade tenha abrigado em seu passado um sistema de bondes elétricos na região central (Figura 22) operando entre os anos de 1880 e 1969, inicialmente com tração animal e posteriormente com tração elétrica (RIBEIRO, 2016).

Figura 22 – Bonde elétrico em circulação pela Avenida Rio Branco.

Fonte: Prefeitura Municipal de Juiz de Fora (disponível em:

<<https://www.pjf.mg.gov.br/noticias/view.php?modo=link2&idnoticia2=2938>> acesso em 14/05/2018).

No ano de 2015, a Prefeitura municipal de Juiz de Fora lançou o edital CC005/2014 para selecionar empresas ou consórcios de empresas para explorar a execução do serviço regular de transporte coletivo de passageiros por ônibus e por veículos de pequeno porte adaptados para pessoas com deficiência física no Município de Juiz de Fora (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA, 2015).

A duração contrato tem tempo estimado em 10 anos, prorrogáveis por igual período com valores contratuais de R\$ 839.372.261,16 e R\$ 824.546.164,87 respectivamente, segundo informa o edital. O documento ainda informa que a tarifa inicial de R\$2,25 poderia ser ajustada a cada doze meses, de acordo com critérios preestabelecidos pelo contrato de concessão transcrito no anexo II do referido edital (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA, 2015) sendo que, à data de redação desta pesquisa, a tarifa cobrada nos ônibus urbanos de Juiz de Fora é de R\$3,10.

O intuito do edital, de acordo com o próprio documento, era de promover a melhora na prestação do serviço prestado, juntamente com a adequação da frota às necessidades dos usuários quanto a questões de conforto, segurança, embarque e desembarque e níveis mínimos de poluição ambiental, além de exigir das empresas ou consórcio de empresas uma taxa de ocupação dos veículos como o sendo o número de passageiros em pé menor ou igual a 80% ao número de passageiros sentados, juntamente com o cumprimento de ao menos 90% do quadro de horários previstos no mês (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA, 2015).

A prefeitura ainda disponibilizou um estudo de origem e destino (Anexo A) onde atesta o transporte de 8.504.716 passageiros pagantes, 63.684 estudantes e 2.104.180 passageiros portadores de gratuidades em média, por mês, na rede de transportes municipal.

Os horários de pico no sistema de transporte coletivo ocorrem entre 06h00 e 08h00, 11h00 e 13h00 e, por fim, das 16h00 às 19h00, coincidentes com os períodos comerciais tendo na composição dos passageiros a maioria pagante. Dias úteis também movimentam em média o dobro de passageiros quando comparados a sábados e domingos.

Quando analisada a matriz de origem e destino num período de 24 horas, observa-se a demanda de 395.676 deslocamentos totais. A região central de Juiz de Fora

também é percebida como polo gerador de viagens ao movimentar 113.900 deslocamentos, uma vez que apenas uma zona urbana não apresentou demanda de viagens para o centro da cidade (Anexo A) (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA, 2015).

2.4. TRANSPORTE AEROVIÁRIO

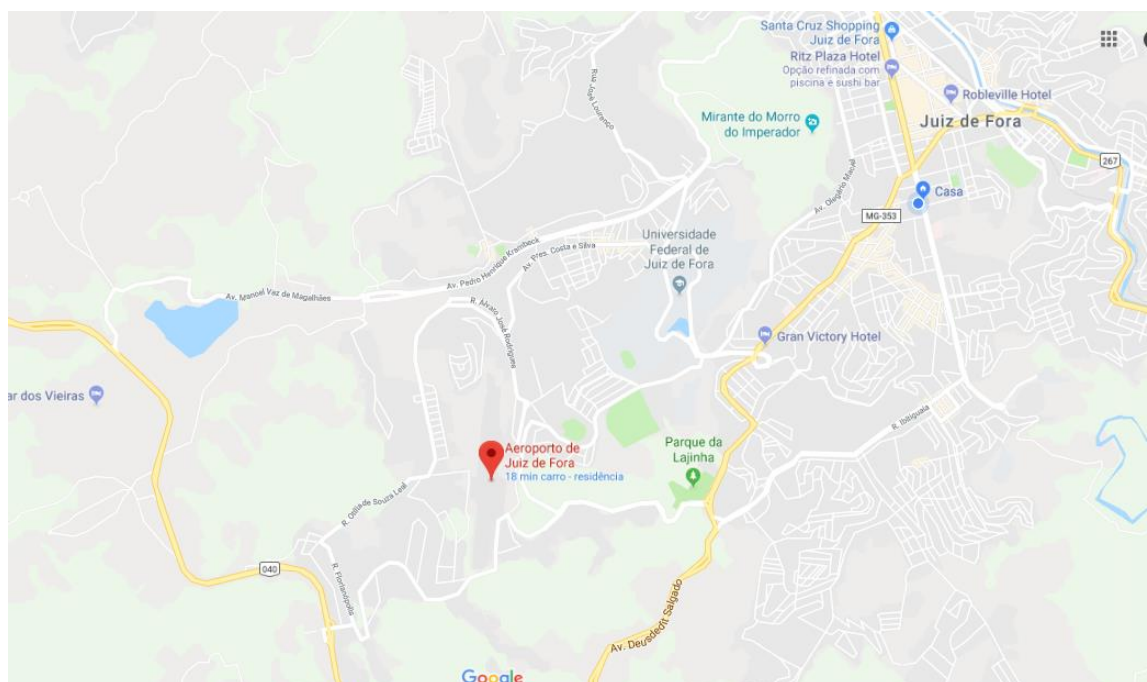
O terminal de um aeroporto é responsável por fornecer os meios e as facilidades para conduzir passageiros, bagagens e cargas oriundos do lado terra à aeronave (lado ar) e vice-versa, e planejado para permitir um fluxo adequado entre seus diversos componentes (NETO e SOUZA, 2011).

Planejar aeroportos não apenas em um sentido urbano, mas apontando como deverão ser as suas relações com as cidades da região onde estará inserido, prevendo seu uso futuro em pelo menos 40 ou 50 anos se faz essencial para o crescimento social e econômico.

A região metropolitana de Juiz de Fora é servida pelo Aeroporto Municipal Francisco Álvares de Assis (denominação ICAO: SBJF) e pelo Aeroporto Regional Presidente Itamar Augusto Cautieiro Franco, implantado em 2011 entre os municípios de Goianá e Rio Novo, distante cerca de 48km do centro de Juiz de Fora.

O SBJF serviu como principal terminal aeroportuário na RMJF desde sua criação, no ano de 1958, até o ano de 2014 quando as operações comerciais foram transferidas para o SBZM (G1 ZONA DA MATA, 2018). O terminal, situado na cidade de Juiz de Fora (Figura 23), dista apenas 8km do centro da cidade e administrado pela prefeitura, atualmente não opera voos comerciais, servindo apenas como base de operações do aeroclube da cidade e na formação de pilotos (G1 ZONA DA MATA, 2018).

Figura 23 – Localização do Aeroporto Municipal de Juiz de Fora.



Fonte: Adaptado de Google Maps (acesso em 20 maio 2018).

Coelho *et al.* (2012) indica em seu estudo um descolamento entre a demanda e os investimentos em infraestrutura aeroportuária com projeções de crescimento expressivo para diversos aeroportos, com destaque para aqueles localizados nas principais capitais de estados e regiões com forte atividade econômica.

Nesta última categoria estão inseridos alguns aeroportos regionais, na sua maioria dotados de uma infraestrutura ainda mais restrita. No caso da RMJF, o Aeroporto Regional da Zona da Mata (Figura 24), localizado entre os municípios de Goianá e Rio Novo, distante cerca de 48km do centro de Juiz de Fora, iniciou suas operações em 23 de agosto de 2011, com dois voos diários da Azul Linhas Aéreas com destino a Campinas/SP.

O aeródromo esteve sob responsabilidade da INFRAERO entre a data de sua inauguração e o mês de janeiro de 2015, quando passou a ser de responsabilidade da Concessionária do Aeroporto da Zona da Mata S.A., formada pelas empresas Socicam Administração, Projetos e Representações Ltda. e Universal Armazéns Gerais Alfandegados Ltda (CONCESSIONÁRIA DO AEROPORTO DA ZONA DA MATA, 2018).

Figura 24 – Vista do saguão de passageiros do SBZM.



Fonte: Concessionária do Aeroporto da Zona da Mata, (2018).

Com volume acumulado de 128.875 passageiros e 67.479 kg de carga no ano de 2017 (ANAC, 2017), o Aeroporto Regional da Zona da Mata pode ser classificado como sendo de pequeno porte (NETO e SOUZA, 2011). Por outro lado, dados obtidos junto à Agência Nacional de Aviação Civil indicam que, em volume de passageiros e carga transportados, o SBZM é o aeroporto mais representativo da Zona da Mata Mineira, com mais da metade dos embarques registrados na região (Tabela 7):

Tabela 7 – Passageiros embarcados entre 2011 e 2017 na Zona da Mata e proximidades.

Aeroporto	ICAO	Passageiros embarcados (2011 a 2017)	% do total
Zona da Mata	SBZM	615.083	60,2%
Juiz de Fora	SBJF	297.851	29,1%
Varginha	SBVG	90.567	8,9%
São João Del Rei	SNJR	17.991	1,8%
TOTAL		1.021.492	100%

Fonte: ANAC (2017).

2.5. TECNOLOGIA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA: MAGLEV

A história do transporte de passageiros é caracterizada pelo aumento de sua velocidade operacional. Desde 1825, quando o sistema ferroviário sobre rodas surgiu, foram necessários 140 anos até que os veículos atingissem a velocidade de operação de 200 km/h. Após este fato, passaram-se quase 30 anos para aumentar a velocidade de 200 km/h para 300 km/h, o que é quase próximo do limite físico de velocidade devido à restrição de atrito entre o material rodante e os trilhos além de manter estável o suprimento de energia a bordo (LIU *et al.*, 2006).

A tecnologia de levitação magnética data de 1934, quando o alemão Hermann Kemper preencheu sua primeira patente (LEE *et al.*, 2006) e desde então foi otimizada através das décadas até os níveis em operação atuais.

Até o presente momento, os sistemas de levitação Maglev são majoritariamente divididos em dois grupos: trens equipados de suspensão eletromagnética (EMS) e suspensão eletrodinâmica (EDS). As linhas por onde circulam os veículos em sistemas EMS e EDS são chamadas *guideway* (linha-guia, em uma tradução literal) e “*track*” (aqui traduzidos como “via” ou “trilha”), respectivamente. Basicamente, existem dois elementos principais em um sistema Maglev, incluindo o seu veículo e o *guideway*.

As três principais funções empregadas na tecnologia Maglev são levitação, propulsão e orientação, todas executadas através de forças eletromagnéticas provocadas e controladas através de eletroímãs e bobinas de indução magnética. Para os sistemas EMS, estes ímãs estão, em geral, localizados no veículo enquanto que os ímãs dos sistemas EDS estão normalmente localizados na pista (YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Há ainda um terceiro tipo de sistema de levitação, chamado de suspensão eletromagnética híbrida (HEMS) que, a fim de reduzir o consumo de energia elétrica no EMS, os ímãs permanentes são parcialmente utilizados em conjunto com bobinas de indução eletromagnética. Em uma situação estacionária, o campo magnético do ímã permanente é capaz de suportar o veículo por si só e a energia elétrica dedicada para os eletroímãs que controlam a lacuna de ar pode ser quase zero. No entanto, o sistema HEMS requer uma variação muito maior da amplitude da corrente elétrica em

comparação com o sistema EMS do ponto de vista dos eletroímãs, porque o ímã permanente possui a mesma permeabilidade magnética do ar (LEE *et al.*, 2006). Os sistemas EMS e EDS serão discutidos e ilustrados de forma mais aprofundada posteriormente neste estudo.

Os sistemas Maglev de alta velocidade possibilitam a eliminação dos contatos mecânicos entre material rodante e infraestrutura viária, que são os principais obstáculos para aumentar a velocidade da ferrovia tradicional e superar contradições inerentes e não solucionadas entre a força motriz e geração de fricção, velocidade e potência do conjunto motopropulsor, operação em altas velocidades e segurança nos sistemas de roda-trilho para realizar deslocamentos sem contato físico e minimização no consumo de combustível (LEE *et al.*, 2006; LIU *et al.*, 2006; YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Quando comparado ao sistema ferroviário de alta velocidade atualmente em operação no mundo, principalmente na Europa e Ásia, percebe-se que as tecnologias envolvidas apresentam diferenças claras ao abordar a proposta de fornecer uma alternativa de transporte rápido, confiável e de alta capacidade.

A razão fundamental para considerar a implementação de sistemas de transporte rápido é a maior velocidade de deslocamento de bens e pessoas, o que pode facilmente equiparar ao tempo de viagem mais curto oferecido por outro modo de transporte (FISTOLA, 2010). Portanto, há necessidade de olhar para as especificações técnicas de cada tecnologia. Com esta visão holística, um exame comparativo revelaria a melhoria potencial de cada tecnologia em termos de velocidade, tempo de viagem e outras vantagens associadas a cada um (NAUMANN *et al.*, 2006; YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Em seu estudo, Naumann, Schach e Jehle (2006) apresentam uma comparação entre os sistemas alemães capazes de atingir altas velocidades atualmente em atividade, sendo estes o *InterCity Express 3* – representando a alternativa da ferrovia de alta velocidade, e o *Transrapid* – representando a tecnologia de trens de levitação magnética. As características inerentes a cada sistema são apresentadas na Tabela 8:

Tabela 8 – Comparativo entre os sistemas HSR e Maglev.

Parâmetros	Veículos	
	<i>InterCity Express 3 (HSR)</i>	<i>Transrapid (Maglev)</i>
Princípio ativo	carga de transmissão e orientação por roda e trilho	carga de transmissão e orientação por campos eletromecânicos
Desgaste	Alto	Nenhum
Controle de operação	Por maquinista condutor	Autônoma
Segurança	Alta	Muito alta
Velocidade máxima	300 km/h	450 km/h
Seções por veículo	8	5 (de 2 a 10 possíveis)
Assentos (média)	415	438
Potência motriz	8.000 kW	aprox. 25.000 kW
Peso líq. veículo	409 t	247,3 t
Largura	2,95 m	3,70 m
Comprimento (total)	200 m	128,3 m
Carga	Carga do eixo 16 t	2,2 t/m por vagão
Emissões sonoras		
a 200 km/h	82 a 84 dB	79 dB
a 300 km/h	87 a 91 dB	86 dB
a 400 km/h	-	94 dB
Planejamento de rotas		
Gradiente longitudinal máximo	3,50%	10%
Gradiente transversal máximo	6,50%	12%
Aceleração	Máximo de 1,0 m/s ²	Constante 1,5 m/s ²

Fonte: Adaptado de Naumann *et al.*, (2006).

Em seu estudo, Liu *et al.*, (2006) citam que as vantagens da tecnologia de levitação magnética de alta velocidade são reconhecidas e aprovadas pelos usuários da linha de demonstração implantada na cidade chinesa de Xangai.

Nas seções seguintes serão discutidas as características técnicas deste modo de transporte, tomando como base o estado-da-arte professado na literatura.

2.5.1. Alta velocidade

A tecnologia de levitação magnética é o único sistema de transporte terrestre de alta velocidade da atualidade com velocidade de operação de 500 km/h, o que torna o tempo de viagem entre destinos com distâncias de 240 km a 1500 km compatível com o modo aéreo. Desta forma, segundo Fistola (2010):

“(…) a interação entre centros urbanos passa a ser modificada e o efeito de túnel criado pela ligação de alta velocidade tende a produzir uma junção

temporal/funcional entre sistemas metropolitanos, apoiando a possibilidade de o usuário deslocar-se entre funções pertencentes a diferentes cidades. O nascimento destas junções parece conduzir a novas megacidades, definidas como "joint-cities".

2.5.2. Altas taxas de aceleração, inclinação de grade e pequenos raios de curva

Pelo fato da aplicação de um sistema onde a orientação e a movimentação da composição ocorrerem sem contato físico, a taxa de aceleração, o gradiente máximo de subida e o raio da curva do sistema Maglev são determinados pelo potencial de energia elétrica e não pela fricção entre a roda e o trilho como ocorre no trem tradicional, a taxa de aceleração do sistema Maglev pode atingir valores de 1 m/s² a 3 m/s², por exemplo.

Os veículos operando na linha de Xangai podem ser acelerados de 0 a 431 km/h dentro de 3 minutos somente ou, quando comparados à composições ferroviárias de alta velocidade, a distância necessária para o veículo Maglev para acelerar a 300 km/h a partir de um início estático é de aproximadamente 4 a 5 quilômetros, enquanto os trens convencionais de alta velocidade requerem cerca de 20 a 23 quilômetros de distância aliados a mais de duas vezes o tempo requerido pelo Maglev para alcançar a mesma velocidade.

A capacidade de vencer desníveis verificada em sistemas Maglev pode atingir até 10%, enquanto que em trens convencionais sem a ajuda de sistemas de cremalheira este valor é de apenas 4%. O raio de curva em trens de levitação magnética é menor do que o sistema de roda-trilho de alta velocidade na mesma velocidade, conforme exemplificado na Tabela 9.

Como resultado, rotas planejadas utilizando o sistema de levitação magnética podem ser mais curtas, utilizando menos solo, e reduzindo o investimento total (LIU *et al.*, 2006; SCHACH *et al.*, 2006; YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Tabela 9 – Comparativo de raios de curva entre trens HSR e o sistema Maglev.

Velocidade (km/h)	Raio mínimo (m)	
	Sistema convencional	Maglev
< 200	150	30
200	1400	705
250	2250	1100
300	3200	1590
350	-	2160
400	-	2825

450	-	3580
500	-	4415

Fonte: adaptado de Yaghoubi *et al.* (2012).

De forma análoga à aceleração, o desempenho de frenagem da composição também é um importante fator na determinação do tempo de viagem em um determinado segmento de rota. Quanto maior a taxa de frenagem permitida, mais tempo o trem pode viajar em velocidades elevadas. Além disso, uma maior taxa máxima de frenagem aumenta o nível de segurança. Nos trens de alta velocidade trafegando com o tradicional sistema roda em trilho, a intensidade de desaceleração sem que haja travamento das rodas causando o deslizamento entre a composição e os trilhos é parcialmente dependente das condições externas como a temperatura e a precipitação.

A taxa de desaceleração do sistema Maglev, pelo contrário, não depende das condições meteorológicas visto que não há contato físico entre a composição e a guia e a desaceleração é obtida através da manipulação do campo eletromagnético existente entre material rodante e infraestrutura. A taxa de frenagem é limitada somente pelo nível máximo aceitável de desaceleração relacionado ao conforto do passageiro a bordo (SIEMENS, 2006).

Os trens de alta velocidade convencionais possuem até três sistemas de frenagem diferentes: o freio regenerativo converte energia cinética em energia elétrica e, assim, retarda os trens e alimenta a energia de volta para a rede de transmissão. A presença de um freio mecânico toma efeito diretamente na interação roda-trilho reduzindo a velocidade em que o trem trafega à despesa do desgaste mecânico dos componentes. Além deste, um freio eletromagnético do tipo *eddy current*, no qual fornece capacidade de frenagem através de uma força eletromagnética induzida pelo movimento relativo entre um ímã e um objeto condutor nas proximidades (o trilho metálico) é aplicado adicionalmente quando taxas de frenagem as mais elevadas são necessárias.

Pelo fato do Maglev *Transrapid* ter um peso significativamente menor do que os trens de alta velocidade trafegando em trilhos convencionais, taxas de frenagem comparáveis às que os trens convencionais apresentam com todos seus sistemas de parada acionados simultaneamente podem ser atingidas e superadas pelo sistema Maglev somente utilizando o sistema de freio regenerativo. Uma comparação da

capacidade de frenagem entre os sistemas alemães *Transrapid* e *InterCity Express 3* é apresentada na Tabela 10:

Tabela 10 – Comparativo de frenagens entre os sistemas HSR e Maglev.

Transrapid (Maglev)				InterCityExpress 3 (HSR)			
Velocidade	Tempo (s)	Dist. (m)	Desac. Média (m/s ²)	Velocidade	Tempo (s)	Dist. (m)	Desac. Média (m/s ²)
150 - 0 km/h	44	930	0,96	150 - 0 km/h	84	1.700	0,48
200 - 0 km/h	58	1.576	0,94	200 - 0 km/h	108	3.100	0,53
300 - 0 km/h	87	3.600	0,95	300 - 0 km/h	168	6.900	0,49
400 - 0 km/h	117	6.725	0,98	400 - 0 km/h	-	-	-
500 - 0 km/h	147	10.475	0,97	500 - 0 km/h	-	-	-

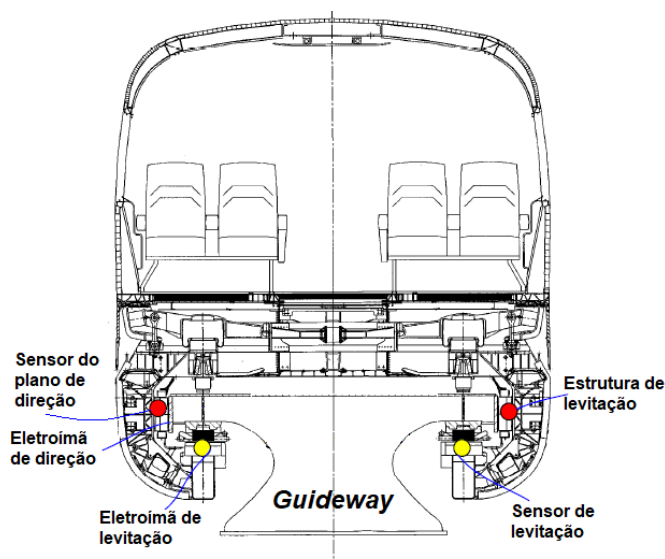
Fonte: adaptado de Schach *et al.* (2006).

2.5.3. Viagem segura e confortável

Devido às estruturas mecânica e eletromagnética do sistema Maglev que envolvem a linha-guia (*guideway*), ilustradas na Figura 25, por onde a composição trafega e fazem a leitura e ajuste do campo eletromagnético atuante, o perigoso acidente de descarrilamento, passível de ocorrer no sistema de trem tradicional, passa a não ocorrer. A eliminação dos contatos mecânicos torna possível a realização de uma operação fluida, gerando vibrações pequenas, o que torna a sensação do passeio confortável.

A taxa utilizável de 99,83% e a taxa pontual operacional de 99,57% na linha de Xangai, incluindo a operação comercial com parâmetros normais sob a condição de tempestade ciclônica severa com ventos de 30 m/s, são a melhor evidência de segurança e confiabilidade de sistemas Maglev de alta velocidade (LIU *et al.*, 2006).

Figura 25 – Seção transversal típica do sistema *Transrapid*.



Fonte: adaptado de Shi *et al.* (2014).

As redundâncias obtidas através da duplicação de componentes de segurança, bem como do sistema automatizado de rádio controle, garantem que a segurança operacional não será prejudicada.

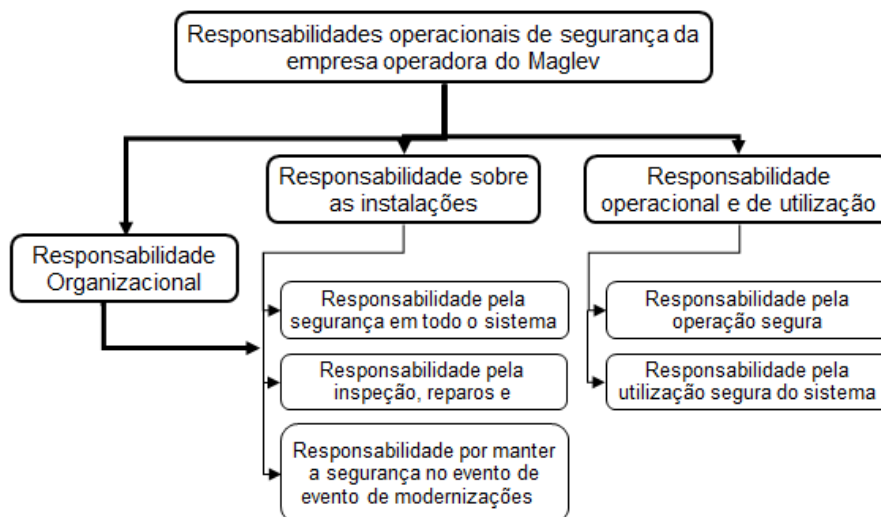
O princípio da propulsão sincronizada no *guideway* faz com que colisões entre veículos sejam praticamente impossíveis de ocorrer. Em geral nenhum outro obstáculo pode estar no caminho, mas se ainda assim dois ou mais veículos forem colocados simultaneamente no mesmo segmento do *guideway*, estes seriam forçados pelo mecanismo de controle de polaridade magnética presentes no *guideway* a viajar na mesma velocidade e na mesma direção.

Ademais, os veículos também são projetados para suportar colisões com pequenos objetos ocasionalmente presentes na via. Energizar somente a trecho da via em que o trem está viajando realça a segurança e a eficiência operacionais que aliados ao uso de um *guideway* dedicado e segregado, portanto sem cruzamentos com outros modais de transportes como estradas e rodovias garante a ausência de conflitos de segurança e permite operações ininterruptas (YAGHOUBI *et al.*, 2012).

As responsabilidades de segurança de um sistema Maglev possuem efeitos sobre todos os outros componentes do sistema e sobre todo o processo de planejamento e aprovação. Certos perigos internos e externos, que possam vir a afetar uma instalação

do sistema Maglev, só podem ser limitados em relação ao seu potencial de risco através de medidas de construção. Tais responsabilidades encontram-se explícitas na Figura 26:

Figura 26 – Esquema de responsabilidades no sistema Maglev.



Fonte: adaptado de Yaghoubi *et al.* (2012).

2.5.4. Baixa manutenção

Devido à distribuição uniforme da força e à ausência de abrasão, a pequena manutenção necessária na linha de Xangai resume-se em examinar e substituir o módulo eletrônico quando encontradas falhas ou defeitos, extinguindo o vasto e custoso trabalho de substituir e reparar as peças mecânicas presentes no sistema convencional de trilhos. Juntamente com o desenvolvimento da indústria eletrônica, a confiabilidade dos dispositivos eletrônicos possui tendência de melhora gradual e contínua, possibilitando com que a manutenção se torne mais simples e fácil. A redução nos custos e frequências de manutenção é uma questão fundamental para reduzir o custo de operação e investimento total do sistema de levitação magnética (LIU *et al.*, 2006).

Pelo fato das baixas tensões mecânicas transmitidas para o *guideway* e da propulsão do veículo ser ausente de contato nos sistemas do Maglev, estes são classificados como sistemas livres de manutenção (ALBICINI *et al.*, 1993; LIU e DENG, 2004A; LEE *et al.*, 2006; LIU *et al.*, 2006; SIEMENS, 2006; YAGHOUBI *et al.*, 2012; YAGHOUBI e KEYMANESH, 2013). Embora esta afirmação seja próxima da verdade para as peças mecânicas, ainda há a preocupação de que o *guideway* do Maglev pode, mesmo na ausência de contato físico, ainda ser submetido a desgaste devido à variação no tráfego, corrosão e outros impactos.

Também existe o risco de que partes do sistema de propulsão e eletrônica ainda possam necessitar de manutenção ou substituição por outras razões além do desgaste mecânico. Essa manutenção aliada à eventual substituição de elementos vitais para a operação do sistema Maglev podem se tornar dispendiosas quando a eletrônica sofisticada embarcada ou os eletroímãs do sistema de propulsão estão envolvidos.

Além disso, Liu e Deng (2004) apontam que, pelo ponto de vista da Engenharia, há a preocupação de que a manutenção da lacuna de levitação de apenas 10 milímetros entre os eletroímãs responsáveis pela levitação e estabilidade do trem Maglev e o estator linear presente no *guideway* podem criar desafios devido ao potencial recalque estrutural do *guideway* após instalação da estrutura no leito da via. A variação da lacuna deve ser controlada para atingir valores menores que 01 milímetro, o que pode exigir uma inspeção de engenharia significativa que poderia ser mal visto para compensar os baixos valores de manutenção da parcela mecânica do sistema.

2.5.5. Baixo impacto ao meio ambiente

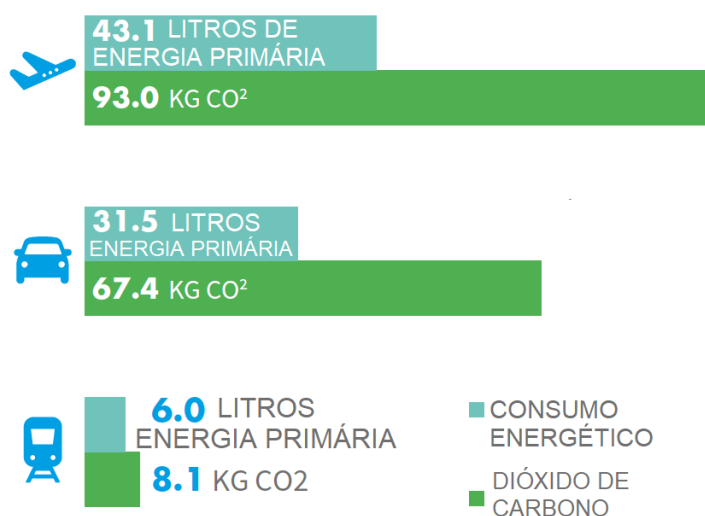
A propulsão elétrica em sistemas Maglev elimina a emissão de gases nocivos ao meio ambiente. É geralmente reconhecido que, em comparação com alternativas concorrentes, como o automóvel privado ou o avião, os sistemas de propulsão elétrica como o Maglev e o HSR são meios de transporte muito menos poluentes.

De acordo com INFRAS/IWW (2000, apud CAMPOS e DE RUS, 2009), a energia primária consumida por ferrovias de alta velocidade em litros de gasolina por 100 passageiros-km foi 2,5 litros (enquanto que por carro e avião estes valores são 6 litros e 7 litros, respectivamente). Estudo com semelhante resultado também é exposto pela União Internacional das Ferrovias – UIC, onde a organização analisou o impacto ambiental entre os modos rodoviário, aeroviário e ferroviário de alta velocidade no trecho entre Barcelona e Madrid, ilustrados na Figura 27 (INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS, 2015).

De forma semelhante, a quantidade de emissões de dióxido de carbono por 100 passageiros-km foi de 17 toneladas no caso dos aviões e 14 toneladas para automóveis privados, devido ao uso de derivados de petróleo bruto. Para o sistema HSR, a emissão foi de apenas 4 toneladas, inerente ao sistema de geração de energia elétrica, embora conforme apontado por Levinson *et al.* (1997 apud CAMPOS e DE RUS, 2009),

o consumo de energia por passageiro varia com a velocidade e aumenta rapidamente quando a velocidade é mais 300km/h no sistema HSR. Tal efeito é minimizado na tecnologia Maglev devido à falta de atrito e melhores propriedades aerodinâmicas previamente discutidas (SCHACH *et al.*, 2006) e, segundo Liu e Deng (2004) e Yaghoubi *et al.* (2012), a economia de energia para a mesma potência despendida varia entre 20 e 30% a favor do Maglev.

Figura 27 – Consumo energético e emissão de poluentes entre Madrid e Barcelona.



Fonte: International Union of Railways (2015).

Tomando por base os dados fornecidos pelos fabricantes, as áreas de terra exigidos em *grade* por qualquer Maglev (*Transrapid*) ou HSR (*Shinkansen* – SKS) são muito semelhantes. Para cada metro de trilhos duplos construídos no nível do *grade* o sistema SKS vai exigir entre 10,7 m² e 11,6 m² de área ocupada enquanto o Maglev exige 11,2 metros quadrados.

No entanto, quando construído de maneira elevada do solo, a área ocupada exigida pela tecnologia Maglev é menor cerca de 1,5 metros quadrados para cada *guideway* duplo (LIU e DENG, 2004; YAGHOUBI *et al.*, 2012). Em seu trabalho, Naumann, Schach e Jehle (2006) apresentam um quadro comparativo da taxa de ocupação do solo entre os sistemas Maglev e HSR nas condições de linhas elevadas e no *grade*, apresentadas no Quadro 7.

Essa redução na taxa de ocupação do solo faz com que a adoção de *guideways* elevados possa ser implantado em corredores de transporte previamente existentes e requer uma quantidade mínima de movimentação de terra e intervenções na

infraestrutura existente para o apoio dos pilares de suporte do *guideway*. A adoção da via elevada minimiza o distúrbio à configuração do solo, aos mananciais de água e aos animais selvagens, visto que os parâmetros flexíveis da geometria da via permitem que o *guideway* se adapte à paisagem. Comparado às estradas ou às tradicionais ferrovias, a via elevada no sistema Maglev não afeta o trânsito de animais selvagens ao longo de seu trajeto (LIU e DENG, 2004; SCHWINDT *et al.*, 2004; YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Quadro 7 – Ocupação do solo nos sistemas HSR e Maglev.

Alinhamento	Ocupação do solo para HSR (m ² por m de trilho duplo)	Ocupação do solo para Maglev de alta velocidade (m ² por m de <i>guideway</i> duplo)
No <i>grade</i>	16,0	11,5
Medidas de mitigação a nível mais (50%)	24,0	17,0
A uma altura de 5 metros	35,0 (faixa no aterro)	2,0 (<i>guideway</i> elevado)
A uma altura de 5 metros mais medidas de mitigação (50%)	50,0 (faixa de aterro)	3,0 (<i>guideway</i> elevado)
A uma altura de 12 metros mais medidas de mitigação (20% para HSR, 50% para Maglev)	75,0 (faixa de aterro)	3,0 (<i>guideway</i> elevado)

Fonte: adaptado de Naumann *et al.* (2006).

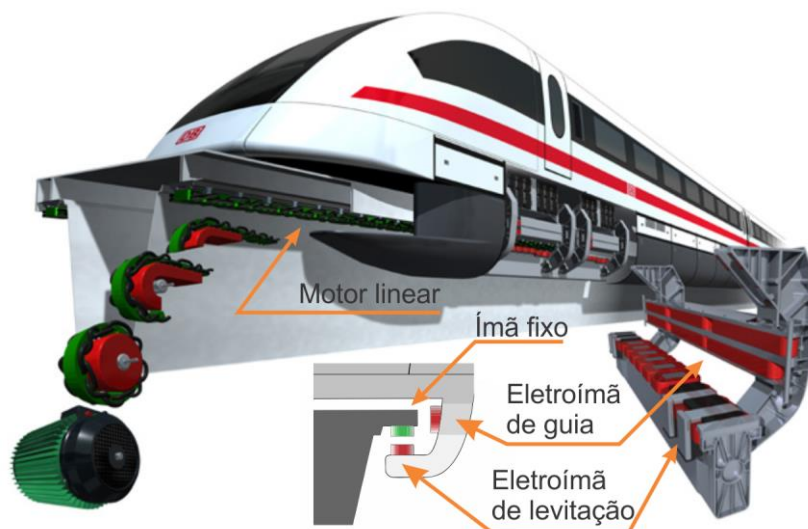
Quanto à preocupação com os efeitos do campo magnético gerado pelo sistema de levitação e propulsão, Lee *et al.* (2006) afirmam que, sem o devido isolamento, a intensidade do campo magnético pode chegar a níveis de 0,09T no assoalho e 0,04T na altura dos assentos que, embora não sejam prejudiciais à saúde humana, podem causar inconveniências com aparelhos eletrônicos. Este contratempo pode ser facilmente remediado com a implantação de uma manta ferromagnética entre o assoalho da cabine de passageiros e os mecanismos de levitação e propulsão.

2.5.6. Sistemas de levitação

2.5.6.1. Suspensão eletromagnética (EMS)

Neste sistema, a levitação do trem é realizada com base na força de atração magnética entre o *guideway* e eletroímãs instalados na composição rodante que, aliados a controladores eletrônicos, mantém o veículo levitando entre 10mm e 20mm acima da via através de centenas de leituras por segundo da distância ao *guideway* e ajustando do campo eletromagnético conforme ilustra a Figura 28.

Figura 28 – Componentes do sistema de levitação EMS.



Fonte: o autor.

Este método de levitação é inerentemente instável devido às leis físicas que regem o circuito eletromagnético. Por conseguinte, é imprescindível o controle da altura de levitação de modo a manter o vão entre veículo e *guideway* estável e constante no tempo. Pelo fato de, em geral, a altura de levitação utilizada no sistema de suspensão eletromagnética ser em torno de 10 milímetros, conforme a velocidade do trem aumenta, manter o controle desse vão torna-se cada vez mais difícil.

No entanto, EMS é tecnicamente mais fácil de se construir e operar quando comparado ao sistema eletrodinâmico – EDS (que será discutido na seção seguinte) visto que o trem equipado com um sistema EMS é capaz de levantar por si só no estado de repouso ou baixa velocidade – feito impossível de replicar utilizando o sistema EDS (LEE *et al.*, 2006; YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Yaghoubi, Barazi e Aoliaei (2012) ainda discernem, no sistema de levitação eletromagnética, dois tipos de tecnologias da levitação: o de levitação e orientação integrada tal como empregados no trem coreano *Urban Transit Maglev* – UTM e na tecnologia japonesa *High Speed Surface Transport* – HSST, empregada no Linimo, e o de levitação e orientação segregadas, tal como presente no difundido modelo alemão *Transrapid*. O último é favorável para a operação de alta velocidade devido ao fato dos sensores de levitação e orientação não interferem um com o outro, entretanto, à despesa de um incremento no número de controladores embarcados no veículo.

Utilizando a tecnologia de levitação e orientação integradas são favorecidos o baixo custo e operação em baixa velocidade, visto que o número empregado de eletroímãs e controladores se torna reduzido aliado ao fato da força magnética necessária para a orientação do veículo ser gerada automaticamente pela diferença de relutância magnética.

A potência requerida da fonte de alimentação elétrica em sistemas integrados é menor do que a requerida em sistemas segregados, contudo, à medida que a velocidade aumenta, a interferência gerada entre as forças de levitação e a orientação também aumenta, tornando cada vez mais difícil controlar a levitação e a orientação de maneira simultânea (KUSAGAWA *et al.*, 2004).

Até o presente momento a tecnologia EMS emprega o uso de eletroímãs convencionais formando dipolos magnéticos na geração das forças de levitação e orientação, causando os efeitos colaterais de campo magnético no habitáculo do veículo. Todavia, atualmente já encontram-se disponíveis vários relatórios sobre a tecnologia de levitação eletromagnética utilizando tecnologias de supercondutores (geralmente utilizados na levitação eletrodinâmica) de alta temperatura criando um campo magnético mais econômico e forte em comparação com os eletroímãs convencionais, embora ainda existam alguns problemas como o sistema de arrefecimento, a fim de possibilitar o uso de quadrupolos magnéticos capazes de mitigar os efeitos indesejados do magnetismo dentro dos habitáculos (HULL, 1989; JIASU *et al.*, 1999; TSUCHIYA e OHSAKI, 2000 E ZHANG *et al.*, 2004 APUD LEE, KIM e LEE, 2006).

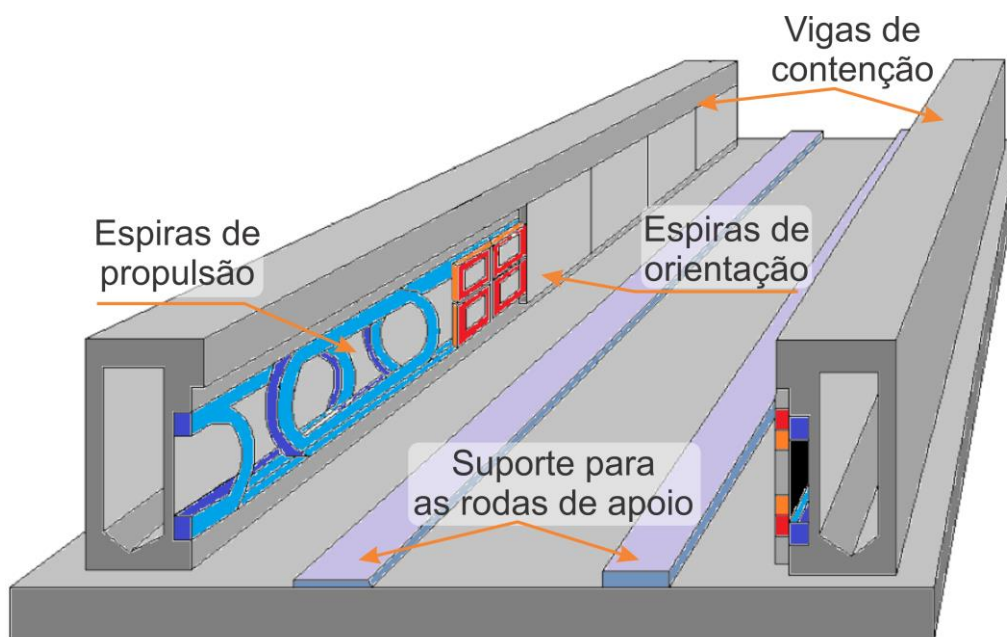
2.5.6.2. Suspensão eletrodinâmica (EDS)

De forma análoga à suspensão eletromagnética, o sistema de suspensão eletromecânica – EDS usa de força magnética repulsiva para atingir a levitação. O processo ocorre quando os ímãs instalados a bordo do veículo deslocam-se sobre as bobinas de indução ou as chapas de condução elétrica situadas no leito da via, o processo gera correntes induzidas que fluem através das bobinas ou chapas previamente mencionadas e geram o campo magnético necessário à levitação, conforme ilustra a Figura 29.

O sistema eletrodinâmico, ao posicionar as bobinas de propulsão interconectadas nos lados esquerdo e direito da trilha, faz com que a força

eletromagnética induzida se torne nula no evento do trem estar centralizado na trilha, visto que o sentido das componentes esquerda e direita da força eletromagnética induzida pelas bobinas é contrária e dependente do afastamento entre as mesmas e o veículo.

Figura 29 – Infraestrutura do sistema de suspensão eletrodinâmica.



Fonte: adaptado de Yaghoubi *et al.* (2012).

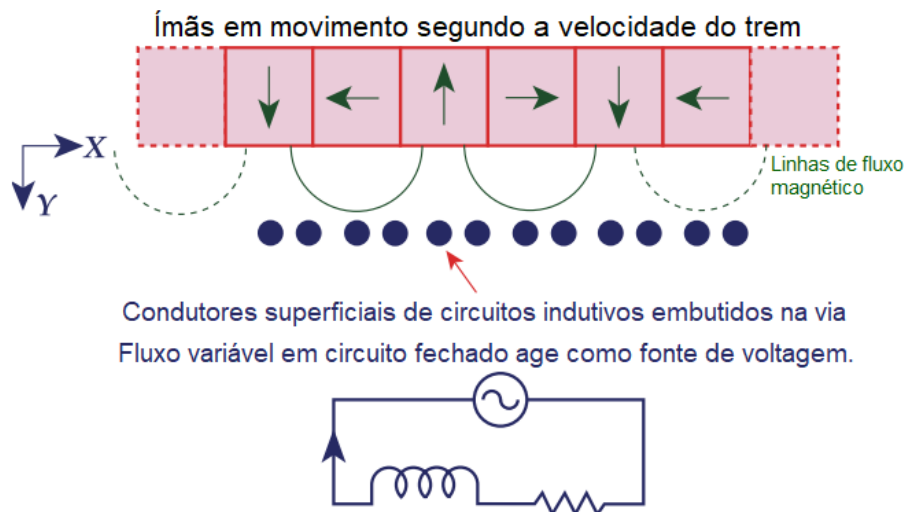
Por este motivo, uma vez que um trem se posicione, por efeito do deslocamento, mais perto de uma das paredes laterais, correntes elétricas fluem através das bobinas geradas pela força eletromagnética induzida através da diferença de distância produzindo o componente da força orientadora. O sistema é tão estável magneticamente do ponto de vista da estabilidade e controle do veículo que é desnecessário controlar a lacuna de ar até a via, que gira em torno de 100 mm e, por isso, se faz muito confiável no evento da variação da carga no sistema dinâmico do veículo tornando-se altamente adequado para operação em regimes de alta velocidade e transporte de cargas (LEE *et al.* 2006).

Em contrapartida, este sistema é incapaz de manter a levitação em baixas velocidades, necessitando de um apoio como um pneu de borracha como suporte até atingir uma certa velocidade (cerca de 100 km/h) suficiente para provocar correntes induzidas intensas o suficiente para provocar a levitação.

De forma semelhante às tecnologias empregadas no sistema EMS, o sistema eletrodinâmico pode ser abordado com duas tecnologias: trem provido de ímã permanente e trem provido de ímã supercondutor. Em trens equipados com ímã permanente na estrutura do veículo, quando comparada aos outros sistemas analisados nesta seção, a aplicação mecânica é mais simples, visto que não há nenhuma necessidade de uma fonte de alimentação elétrica dedicada à manutenção da levitação ser embarcada no veículo.

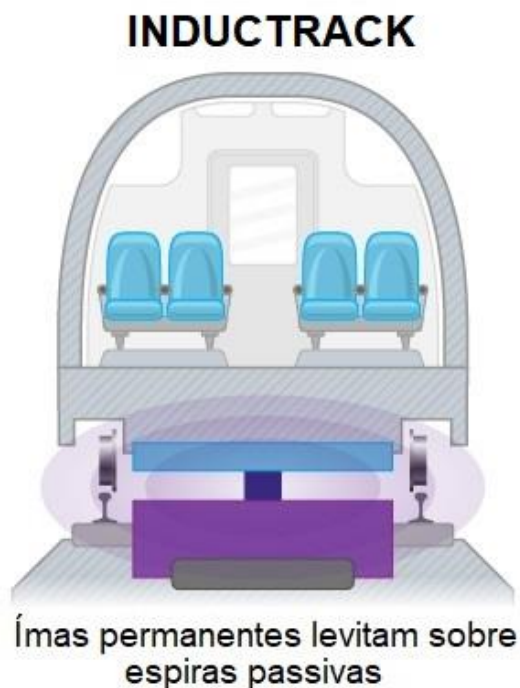
Sistemas de ímãs permanentes no veículo são, no entanto, usados apenas para pequenos sistemas devido à ausência de eletroímãs de alto rendimento. Contudo, com a introdução da Matriz de Halbach, estudos mais atuais já se consideram seu uso no sistema Inductrack – em fase de testes nos Estados Unidos (POST e RYUTOV, 2000a; b), onde linhas férreas convencionais poderão alojar veículos de levitação magnética sem a necessidade de grandes modificações à infraestrutura, conforme ilustram as Figuras 30 e 31, respectivamente.

Figura 30 – Matriz de Halbach como fonte de levitação magnética.



Fonte: adaptado de Post e Ryutov (2000a; b).

Figura 31 – Sistema de levitação Inductrack.



Fonte: adaptado de Post e Ryutov (2000a; b).

Para a tecnologia de eletroímãs supercondutores, a estrutura embarcada se mostra complexa de implantar e manter. Ademais, o arrefecimento e evaporação de hélio líquido, que são necessários para manter as propriedades eletromagnéticas do supercondutor, prejudicadas pelo calor gerado através das correntes induzidas, podem causar problemas durante a operação, fazendo com que o sistema de refrigeração por hélio líquido seja indispensável para o funcionamento do sistema (TSUCHISHIMA e HERAI, 1991; VERMILYEA e MINAS, 1993; ANDRIOLLO *et al.*, 1995; SASAKAWA e TAGAWA, 2000) No entanto, a tecnologia de levitação por eletroímãs supercondutores atualmente detém o recorde mundial de velocidade ao atingir 603 km/h segundo o reportado no ano de 2015, no Japão (LEE *et al.*, 2006; MCCURRY, 2015).

2.5.7. Sistemas de propulsão

O trem de levitação magnética recebe sua força de propulsão através de um motor elétrico linear, que difere de um motor giratório convencional visto que o primeiro não utiliza acoplamentos mecânicos internos para a transmissão de força motriz e tampouco entre o veículo e a via a fim de obter movimento retilíneo. Por conseguinte, motores lineares possuem estrutura mais simples e robusta em comparação com o motor rotativo (ALBICINI *et al.*, 1993; SAKAMOTO e SHIROMIZU, 1997).

A Figura 28 ilustra a evolução do conceito do motor linear a partir da derivação do motor rotativo como sendo um motor giratório convencional cujo estator, o rotor e os enrolamentos foram cortados e abertos em um alinhamento, para então serem instalados na trilha ou no *guideway*.

Ainda que o princípio de funcionamento seja exatamente o mesmo do motor rotativo, o motor linear tem um comprimento finito na parte primária ou na secundária, o que causa um efeito de borda prejudicial à sua eficiência. Além disso, a grande lacuna entre o estator e os eletroímãs de indução contribuem na redução da eficiência.

No entanto, o motor linear é superior ao motor rotativo no caso do movimento retilíneo, devido à significativa redução na produção de vibração e ruído gerados diretamente através do contato mecânico de componentes constituintes do sistema de propulsão convencionais como corrente e sistemas de transmissão e imperfeições no balanceamento das massas reciprocantes.

Nenhum dos sistemas apresentados a seguir requerem técnicas de sensoriamento para sua operação, sendo ambos muito semelhantes em confiabilidade e controle. Portanto, qualquer um dos sistemas pode ser escolhido com base na velocidade do veículo, custos de construção, e assim por diante (LEE *et al.*, 2006).

2.5.7.1. Motor de indução linear (LIM)

O princípio de funcionamento do motor de indução linear é idêntico ao do motor de indução. Campos magnéticos variantes no espaço e no tempo são gerados entre parte primária fixa e a secundária de forma a induzir a força eletromotriz na parte secundária, uma placa metálica ferromagnética. Esta força eletromotriz gera correntes parasitas na placa, que interagem com o fluxo de correntes magnéticas no vão de levitação a fim de produzir uma força de impulso resultante conhecida como a força de Lorenz (LEE *et al.*, 2006).

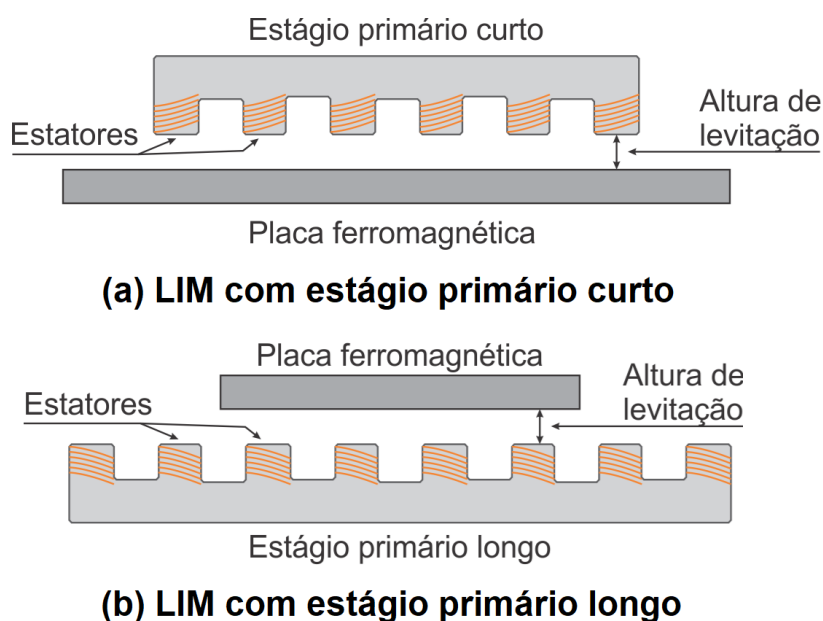
Existem dois tipos de tecnologias de motores lineares: o motor linear de estágio primário curto, onde as bobinas do estator estão a bordo do veículo e as placas condutivas encontram-se instaladas na via, e os motores lineares de estágio primário longo, onde as bobinas de estator estão instaladas na via enquanto as placas de condução estão a bordo do veículo.

Em motores de estágio primário longo, o custo de construção é significativamente superior aos motores de indução linear de estágio primário curto, contudo, veículos trafegando em vias que utilizam motores de estágio primário longo não precisam de nenhum sistema coletor ou gerador de eletricidade para a sua locomoção. Em altas velocidades, esta tecnologia de propulsão torna-se a mais indicada pelo fato do aumento de velocidade gerar diversos entraves nos sistemas de coleta e transferência de energia.

No caso de motores de indução linear com estágio primário curto, torna-se mais fácil colocar as placas ferromagnéticas sobre o leito da via e, assim, reduzir os custos de construção. Entretanto, o sistema de estágio principal curto apresenta baixos níveis de eficiência energética devido às forças eletromagnéticas de arrasto parasita e da redução na indutância causada pelos efeitos de borda finita dos estatores. Ademais sistemas de estágio primário curto não podem exceder velocidades superiores a 300 km/h devido à atual tecnologia de coletores de corrente elétrica.

Conseqüentemente, motores de indução magnética com estágios principais curtos são aplicados geralmente para os trens do Maglev trafegando em média e baixa velocidade tais como o Linimo japonês ou o UTM coreano (LEE *et al.*, 2006; AICHI RAPID TRANSIT CO., 2016) A diferenças nos motores de indução linear apresentadas nesta seção são ilustradas pela Figura 32.

Figura 32 – Motores de indução linear com estágio primário curto (a) e longo (b).



Fonte: o autor.

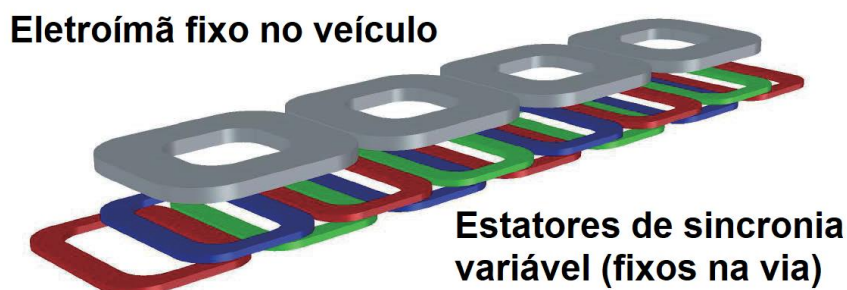
2.5.7.2. Motor síncrono linear (LSM)

Ao contrário do motor de indução linear, o LSM tem uma fonte magnética integrada, sendo um motor linear onde o movimento mecânico está em sincronia com o campo magnético, ou seja, a velocidade mecânica é igual à velocidade do campo magnético variável.

A força de propulsão pode ser gerada como uma ação do campo magnético variável produzido por enrolamentos trifásicos e uma matriz de polos magnéticos (N, S, N, S...).

O conjunto de componentes que produz o campo magnético variável é chamada de armadura. Já o conjunto de componentes que fornece o fluxo magnético da corrente alternada é chamada de sistema de excitação de campo, conforme exemplificado na Figura 33 (SAKAMOTO e SHIROMIZU, 1997; LEE *et al.*, 2006; GIERAS *et al.*, 2011; SUN *et al.*, 2017).

Figura 33 – Tecnologia LSM com eletroímã de núcleo vazado.



Fonte: o autor.

A interação entre o campo magnético e as correntes elétricas presentes na armadura produz a força de impulso. A velocidade do veículo é controlada pela frequência do controlador de variação de corrente na armadura. De forma semelhante ao LIM, existem dois tipos de motores síncronos lineares, os com ímãs ferromagnéticos e com ímãs supercondutores (LEE *et al.*, 2006; SUN *et al.*, 2017).

Além disso, há outras duas sub variações de acordo com o campo magnético. Os eletroímãs com o núcleo ferroso (como no modelo *Transrapid*) e ímãs supercondutores com núcleo vazado (como no modelo MLX japonês). Trens Maglev de alta velocidade tendem a apresentar o sistema o LSM devido à sua maior eficiência e

fator de potência quando comparado ao sistema de indução linear, fatores estes de extrema importância para as operações em alta velocidade.

A Tabela 11 apresenta as principais características dos sistemas de Maglev citados neste estudo:

Tabela 11 – Comparativo de características entre sistemas Maglev.

Tipo	Classificação				
Sistema	Linimo	<i>Transrapid</i>	MLU/ MLX	UTM	<i>Inductrack</i>
Levitação	E M S	E M S	EDS	E M S	EDS
Propulsão	LIM de primário curto	LSM de primário longo	LSM de primário longo	LIM de primário curto	LSM de primário longo
Altura de levitação	8-12mm	8-12mm	80-150mm	8-12mm	80-150mm
Velocidade máxima	100km/h	500 km/h	581km/h	110km/h	500km/h
Serviço	curta distância, média velocidade	longa distância, alta velocidade	longa distância, longa velocidade	curta distância, média velocidade	longa distância, longa velocidade
Característica	levitação e direção integradas	levitação e direção separadas	arrefecimento para supercondutor	levitação e direção integradas	Matriz magnética Halbach

Fonte: adaptado de Lee *et al.* (2006).

2.5.8. Características geométricas e estruturais de projeto

O *guideway* é a estrutura sobre a qual os trens de levitação magnética utilizando o sistema eletromecânico se deslocam e obtêm suporte. As principais funções do *guideway* são: direcionar o movimento do veículo, apoiar a carga do veículo e transferir esta carga para o solo.

É a função da estrutura *guideway* para suportar aplicadas as cargas do veículo e transferi-las para as fundações sendo, portanto, o elemento principal do sistema Maglev, detentor de grande parte dos custos relacionados à implantação do sistema com estimativas de custo para a construção e implantação da estrutura do *guideway* em torno de 60% a 80% do capital inicial para a implantação de uma via de levitação magnética (SCHWINDT *et al.*, 2004; SCHWINDT, 2006; REN *et al.*, 2010; YAGHOUBI *et al.*, 2012; TALUKDAR e TALUKDAR, 2016)

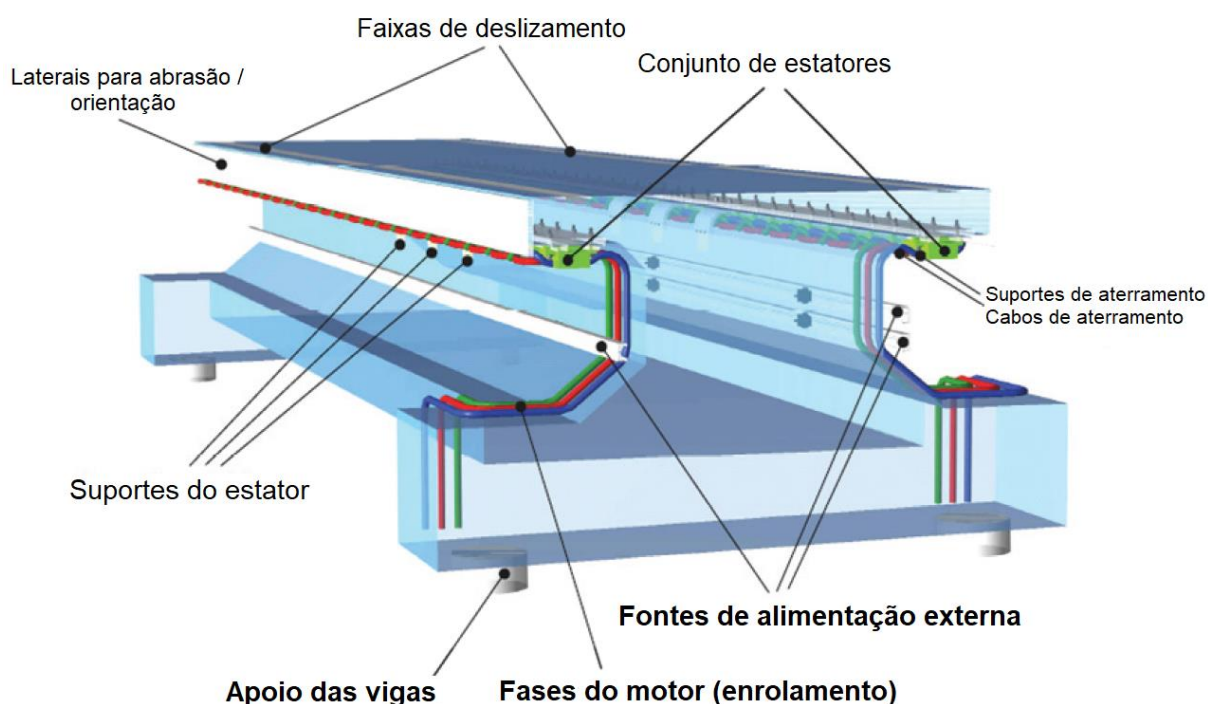
Veículos Maglev levitam sobre vias formadas por *guideways* simples ou duplos, podendo estes serem montados ao nível do *grade* ou elevados por estruturas de

aço ou concreto armado com a vantagem de que *guideways* elevados permitem uma menor taxa de ocupação do solo, conforme previamente discutido na seção 2.5.5 deste estudo.

Como vantagem adicional, com a adoção de *guideways* elevados existe a garantia de não encontrar nenhum obstáculo ao longo da rota visto que a segregação da via permite a exclusividade de tráfego para os veículos de levitação magnética, reafirmando a segurança do sistema na operação autônoma dos veículos pela ausência de interseção entre o *guideway* e outras formas de rotas de tráfego.

Ao contrário do adotado em ferrovias convencionais, *guideways* não requerem a necessidade de lastro, dormentes, placas de apoio de trilho ou mesmo fixadores de trilho para a transmissão dos esforços e manutenção da bitola da via. Um *guideway* consiste em uma viga central e dois trilhos de levitação / orientação fixados nas extremidades laterais (Figura 34) e podem ser construídos na ao nível do solo ou elevados por estruturas de concreto armado ou protendido, aço ou estruturas mistas com vigas forma de perfil U, perfil I, treliçadas ou ainda em vigas-caixão de alma vazada e *etc.* (SCHWINDT *et al.*, 2004; SCHWINDT, 2006; YAGHOUBI *et al.*, 2012; TALUKDAR e TALUKDAR, 2016).

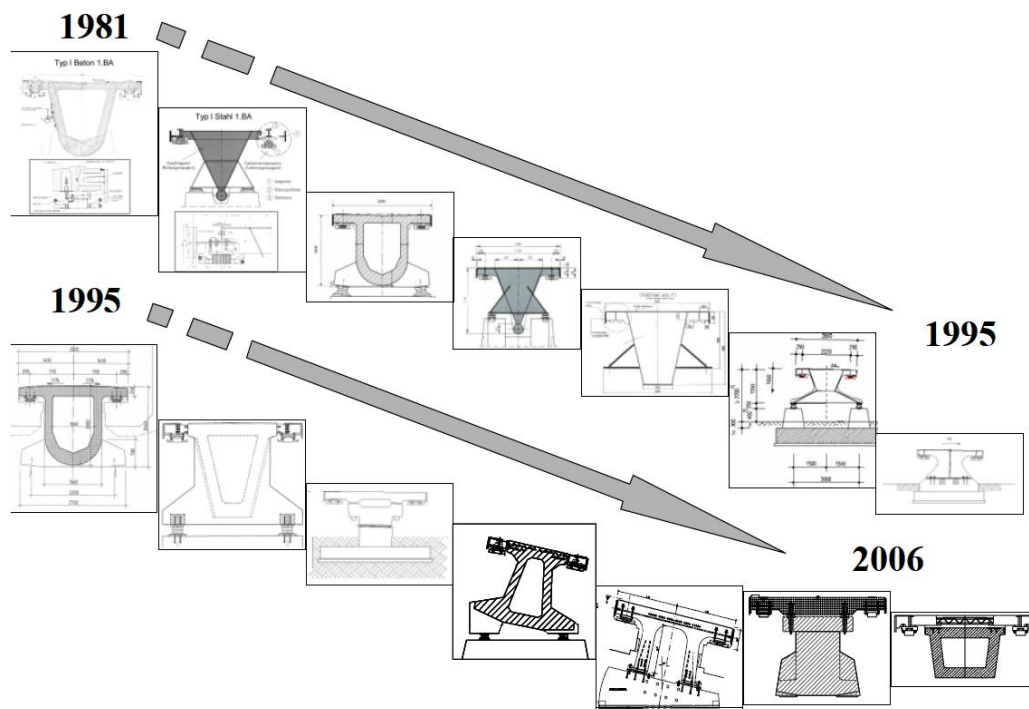
Figura 34 – Elementos típicos do *guideway*.



Fonte: adaptado de Ren (2008).

Em seu estudo, Schwindt (2006) aponta que, ao passar dos anos últimos 25 anos, diferentes estilos de *guideways* para o Maglev *Transrapid* foram desenvolvidos, construídos e testados (Figura 35).

Figura 35 – Evolução do perfil estrutural dos guideway.



Fonte: Schwindt (2006).

Aproximadamente 20 tipos diferentes de *guideway* foram testados na linha de testes do *Transrapid* na Alemanha para sua aplicação no cenário europeu e para o projeto de Xangai e uma comparação entre os requisitos de projeto e experiência adquirida com esses tipos de *guideway* é possível de ser realizada com base nos tipos de *guideway* atualmente em serviço. A base para esta comparação pode ser encontrada nos seguintes aspectos:

- Conformidade com os requisitos na interface entre *guideway*, veículo e sistema de propulsão
- Comparação na interface com o ambiente

Schwindt (2006) segue atestando que as interfaces entre o *guideway*, o veículo e o sistema de propulsão são considerados em relação às questões relativas aos requisitos para a geometria, as tolerâncias, a rigidez, o comportamento de amortecimento

e a fixação do equipamento na estrutura do *guideway*, bem como os requisitos de manutenção.

Os efeitos do *guideway* sobre o ambiente e os efeitos do ambiente no *guideway* influenciam as emissões sonoras e o comportamento em condições meteorológicas distintas, incluindo diferenças extremas entre temperaturas durante o dia e condições de inverno rigorosas com neve e gelo. O *guideway* e seus componentes funcionais são projetados para uma vida útil de 80 anos e, no curso desta vida útil, são assumidas 130 passagens do veículo por dia ou:

- 47.450 passagens do veículo por ano, ou
- Aproximadamente 3,8 milhões de passagens do veículo em 80 anos.

Ainda no tocante à geometria das estruturas, atualmente classificam-se os *guideways* em três diferentes tipos, segundo o comprimento do vão e a altura da alma das vigas, independentemente da altura dos pilares de sustentação sendo que, para serem considerados suspensos, a altura em relação ao solo do topo do *guideway* deve ser superior a 3,5m (YAGHOUBI *et al.*, 2012).

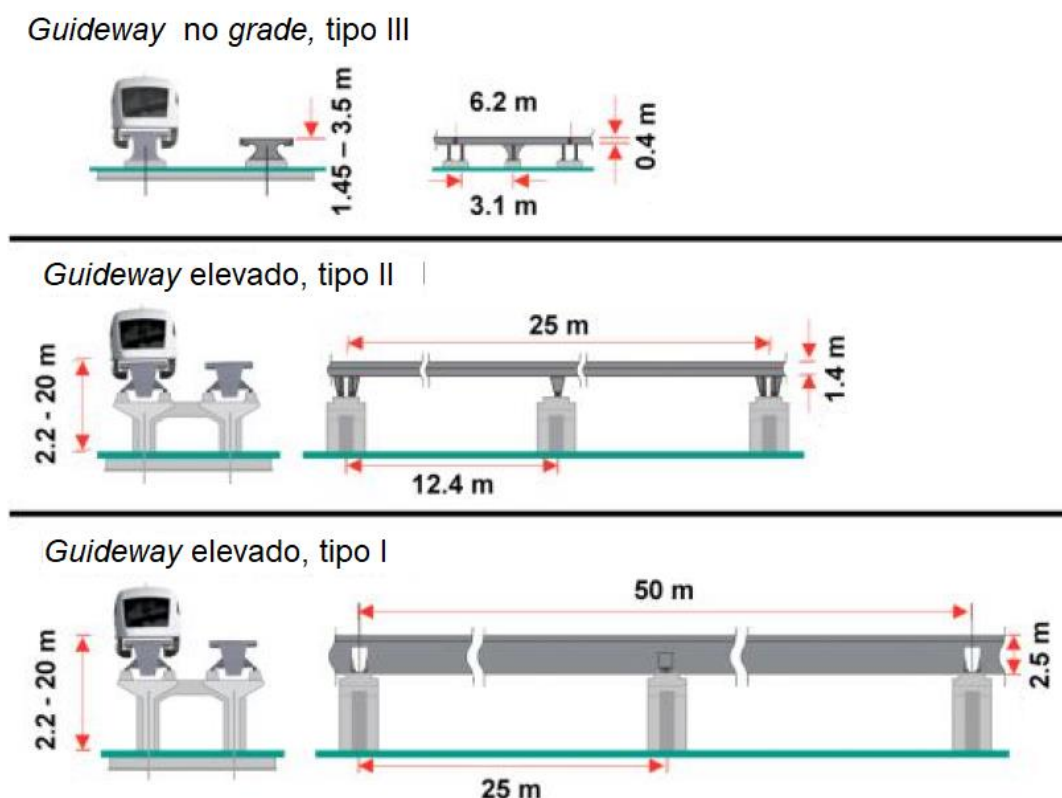
Segundo Dai (2005), Grossert (2006), Schwindt (2006) e Yaghoubi *et al.*, (2012), os tipos de *guideway* universalmente aceitos pela literatura são:

- Tipo I: $L = 24,768\text{m}$ e $H \leq 2,50\text{m}$
- Tipo II: $L = 12,384\text{m}$ e $H \leq 1,60\text{m}$
- Tipo III: $L = 3,1\text{m}$ com estrutura em placa e altura de construção $\leq 0,40\text{m}$

Onde L é o comprimento do vão e H a altura total da viga, conforme ilustrado na Figura 36.

A altura do *guideway* pode variar entre 1,45 m e aproximadamente 20 m, sendo que para maiores alturas de pilares ou comprimentos de vão superiores a 40 m é necessário abordar o dimensionamento das estruturas de forma semelhante a pontes convencionais. Para estruturas de apoio tais como pilares e fundações é recomendado o uso de concreto armado.

Figura 36 – Tipos de guideway.



Fonte: adaptado de Schwindt *et al.* (2004) e Yaghoubi *et al.* (2012).

As subestruturas para as vigas do *guideway* consistem em diversos componentes que podem ser, dependendo do tipo *guideway* utilizado e da altura de implantação do gradiente, as extremidades de pilar com suportes de apoio em Neoprene, os pilares, as vigas de extremidade e intermediárias e as estruturas de fundação. Estas últimas devem ser dimensionadas e construídas de acordo com as diretrizes de resistência do solo obtidas através de estudos geotécnicos prévios. As dimensões das subestruturas em concreto armado resultam das elevadas exigências sobre as deformações permitidas pelo sistema (GROSSERT, 2006).

Embora a situação ideal de projeto geométrico da via seja com a ausência de curvas verticais e horizontais, o cenário real apresenta desníveis a serem vencidos e terrenos acidentados, onde os engenheiros devem projetar curvas horizontais e verticais além de inclinações axiais e laterais.

Ao trafegar por curvas horizontais, forças centrífugas são adicionadas ao sistema de forças já presentes quando o veículo viaja através de uma seção plana da via, onde a gravidade é a carga a mais influente atuando sobre a infraestrutura. Se o veículo tem simetria geométrica e é carregado simetricamente, a carga gravitacional passa

através do eixo de simetria do *guideway*. Entretanto, quando o veículo trafega por curvas a força centrífuga deverá ser considerada e sobreposta a este efeito.

As forças centrífugas são geradas devido ao movimento curvilíneo do veículo, segundo as leis da física newtoniana, e tendem deslocar o veículo numa direção radial, aumentando a distância com relação ao centro da curva. Forças centrífugas também são responsáveis por produzir os efeitos que serão transmitidos para os pilares de suporte da via na forma de esforços de cisalhamento de topo de pilar e, desta forma, se a via ou parte dela está localizada em uma curva horizontal, o efeito das forças centrífugas precisa ser incluído para o cálculo estrutural proposto. Normalmente a adição de superelevação é adicionado ao *guideway* para compensar estas forças centrífugas (DAI, 2005; GROSSERT, 2006; SCHWINDT, 2006; REN, 2008; YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Em relação à estrutura de levitação e orientação, a presença de forças centrífugas nas curvas horizontais perturba o equilíbrio das forças magnéticas atuando no *guideway*, conseqüentemente, é necessário considerar tais efeitos ao analisar e projetar *guideways* em curva. Um efeito importante da introdução de forças centrífugas nas curvas horizontais é a distribuição assimétrica de cargas verticais atuando no *guideway*, fazendo com que diferentes procedimentos de cálculo para *guideways* em curva sejam distintos quando em comparação com trechos retilíneos. Para tal, torna-se vital para os cálculos de carregamento *guideway* para descrever um padrão adequado para o seu carregamento.

Sendo assim, para incorporar a interação dinâmica entre o *guideway* e o veículo, a carga total atuante é multiplicada por um fator de amplificação dinâmico e cargas laterais e longitudinais, incluindo cargas de vento e terremotos podem igualmente ser consideradas. As cargas atuantes no *guideway* são modeladas como forças magnéticas dinâmicas e uniformemente distribuídas na extensão do truque de levitação para explicar o acoplamento dinâmico entre o veículo e o *guideway* (DAI, 2005; SCHWINDT, 2006; REN, 2008).

Entre os vários parâmetros que afetam no projeto do *guideway* pesos próprios e cargas totais além do fator de amplificação dinâmico e a deflexão das estruturas têm grande importância no processo de cálculo. A análise de deformações devido às cargas verticais para a viga do *guideway* durante a operação do veículo do Maglev é fator de extrema importância devido às baixas tolerâncias inerentes ao sistema EMS presente em

veículos como o *Transrapid* e o Linimo. Isso define os limites de aceleração nas 3 direções espaciais (x, y e z) sendo que a principal tarefa do alinhamento da via é estipular a geometria dos planos orientação e levitação do *guideway* de tal forma que o passageiro desfrute do máximo conforto de viagem (SCHWINDT *et al.*, 2004; SCHWINDT, 2006).

Juntamente com o fator da taxa aceleração, considerar suas variações e oscilações no tempo é igualmente um aspecto importante da percepção de conforto. Uma exceção a este critério é o equipamento de mudança de via, onde a curva de transição na posição da mudança de via tem a forma de um clotóide – curva em espiral onde a variação do raio é linear no plano horizontal. Quando o alinhamento da rota, incluindo a determinação da curva no espaço tridimensional é realizado, estes ou outros aspectos são levados em conta, bem como as características do sistema adotado (SCHWINDT, 2006).

O movimento do veículo sobre o *guideway* possui o efeito de amplificar as cargas estáticas. Para tal institui-se o fator de amplificação dinâmica (DAF) como sendo uma proporção não-dimensional de força magnética dinâmica em relação à força magnética estática, incorporando assim um fator de amplificação dinâmica – a força magnética de elevação dinâmica, entre o *guideway* e o n-ésimo truque de levitação em cada vagão fazendo com que o DAF passe a ser o parâmetro mais influente em design de *guideway*.

O fator de amplificação dinâmica da viga componente do *guideway* causada pelo veículo Maglev não é geralmente severo quando comparado com aquele causado por uma carga causada pela passagem de uma composição ferroviária convencional e não é afetado significativamente pela velocidade do veículo. Os efeitos da relação de deflexão e da do comprimento do vão do *guideway* são negligenciáveis no cálculo do fator de amplificação dinâmica (LEE *et al.*, 2009, apud YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Dai (2005), definiu um modelo de veículo, um modelo de suspensão magnética e um modelo de irregularidades no *guideway*. Ele estudou a dinâmica de um modelo de veículo de carro único com 4 truques de levitação e um modelo de veículo de três carros com 12 truques. Utilizando um modelo de *guideway* elevado com diversas cargas em movimento concentrado, foram conduzidas um número total de 500 simulações para estudar o comportamento dinâmico do veículo Maglev e o *guideway*.

Embora tenham sido realizadas simulações e análises extensivas, o desenvolvimento de critérios de projeto para *guideways* exige ainda estudos adicionais. Forças aerodinâmicas devem ser consideradas e os efeitos das curvas horizontais devem ser considerados. Os trens Maglev podem ser estendidos para 4 ou mais carros (DAI, 2005) contudo, ainda que problema da interação veículo/*guideway* incomode os investigadores e engenheiros por anos, nenhuma interpretação universalmente aceita foi relatada, ainda, visto que a relação tem análise importante e complexa, sendo influenciada pelo sistema de levitação adotado, estrutura do *guideway*, estrutura mecânica do veículo, velocidade de deslocamento, entre outros, necessitando de investigações minuciosas em diversos aspectos (SHI *et al.*, 2014).

A deformação total permitida do *guideway* pode advir dos recalques causados pela consolidação ou pela fluência das estruturas, pela carga de peso próprio das estruturas, por cargas cíclicas advindas dos veículos em tráfego ou por cargas dinâmicas durante a operação. Devido à importância das irregularidades da geometria na manutenção e na segurança do *guideway*, o controle minucioso sobre as deflexões devido à carga atuante é exigido. Pequenas deformações do *guideway* permitem a possibilidade de operação do veículo com segurança em velocidades mais elevadas (YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Garantir continuidade estrutural, redução no comprimento dos vãos, promover reduções na carga atuante e no fator de amplificação dinâmica, melhores combinações de carregamento, melhora nas características compressivas do concreto, uso de estruturas em concreto protendido, e aumento do módulo de elasticidade do concreto e momento de inércia da seção estão entre os fatores mais eficazes na redução da deflexão devido à carga atuante. Em geral, a utilização de concreto protendido e o aumento da resistência à compressão do concreto armado reduzem de forma eficaz a deflexão do *guideway*. Até agora, diferentes regulamentos propostos para as relações de deflexão devido à carga viva, como L/500, L/1000, L/1500, L/1750, L/2000, L/2500, L/3000, e L/4000 foram propostas (SCHWINDT *et al.*, 2004; SCHWINDT, 2006; YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Nos sistemas Maglev Transrapid geralmente vigas são projetadas para as relações de deflexão devido à carga atuante num valor de L/4000, que é o melhor em termos de projeto e em termos de eficiência econômica (GROSSERT, 2006; SCHWINDT,

2006; REN, 2008; YAGHOUBI *et al.*, 2012; SHI *et al.*, 2014; TALUKDAR e TALUKDAR, 2016).

O Quadro 8 apresenta os critérios adotados na construção do acesso por veículo de levitação ao aeroporto de Munique, conforme exposto por Schwindt, Hauke e Fried (2004).

Quadro 8 – Resumo dos requisitos geométricos de implantação do sistema Maglev.

Aceleração Lateral (a_y)	$\leq 1.5 \text{ m/s}^2$	
Aceleração Vertical (a_z)		
Crista	$\leq 0.6 \text{ m/s}^2$	
Vale	$\leq 1.2 \text{ m/s}^2$	
Aceleração Longitudinal (a_x)	$\leq 1.5 \text{ m/s}^2$	
Oscilação ($\dot{a}_y, \dot{a}_z, \dot{a}_x$)	$\leq 0.5 \text{ m/s}^2$	
Oscilação Omnidirecional		
Guideway padrão	$\leq 1.0 \text{ m/s}^2$	
Guideways singulares (mudanças de via)	$\leq 2.0 \text{ m/s}^2$	
Superelevação do Guideway (α)	$\leq 12^\circ$	
Torção no Guideway (α')	$\leq 0.1^\circ/\text{m}$	
Desnível do Guideway (β)	$\leq 10\%$	
Raio Horizontal com $a_y = 1.5 \text{ m/s}^2, \alpha = 12^\circ$		
Mínimo	350 m	
200 km/h	855 m	
300 km/h	1.920 m	
400 km/h	3.415 m	
550 km/h	6.455 m	
Raio Vertical com $a_z = 0.6 \text{ m/s}^2$ e 1.2 m/s^2	Crista	Vale
Mínimo	530m	350m
200 km/h	5.145m	855m
300 km/h	11.575m	1.920m
400 km/h	20.580m	3.415m
550 km/h	38.905m	6.455m

Fonte: adaptado de Schwindt *et al.* (2004).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar a importância e pertinência do tema proposto, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura – RSL no Portal de Periódicos CAPES em conjunto ao Repositório de Teses e Dissertações CAPES.

Após esta definição de hipótese (da melhoria da mobilidade urbana através da implantação e uma linha de trens Maglev), toma corpo o processo de revisão sistemática da literatura, a fim de validar o questionamento inicial, compreendendo e construindo um arcabouço teórico acerca dos temas estudados: a tecnologia de levitação magnética e a mobilidade urbana.

Primeiramente buscou-se traçar o perfil da relação do município de Juiz de Fora com o histórico de suas malhas de transporte para se compreender os desafios da mobilidade urbana e os possíveis benefícios da implantação de novas tecnologias como o Maglev.

A forma como a cidade se desenvolveu e se relacionou social e economicamente com seu entorno traz indícios da relação de deslocamento de carga e pessoas, não apenas entre as zonas do município entre si, como também e entre municípios próximos (GIROLETTI, 1988; BASTOS, 2002; OLIVEIRA, 2005; PIRES, 2005; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2013) Para tal foi necessário permear diversas áreas do saber na busca de indícios, contextos, documentos e informações para tentar compreender melhor a sociedade atual, e quais foram suas heranças ao longo do seu processo de formação.

Com os estudos de casos, procura-se obter os dados necessários para a discussão sobre a hipótese de implantação do eixo de Maglev interligando o centro de Juiz de Fora e o SBZM, buscando condições contextuais para o complexo fenômeno da mobilidade urbana, tendo em vista uma situação hipotética com limites definidos através de observações dos fenômenos atualmente existentes.

Esta dissertação toma, portanto, a forma de uma pesquisa qualitativa ao considerar a interação entre o fenômeno da mobilidade e o universo em que este está inserido como sendo de caráter dinâmico. A interpretação dos dados toma a forma

descritiva, de forma a retratar o maior número de elementos da realidade estudada quanto forem possíveis (PROVDANOV e FREITAS, 2013).

Apenas com o cruzamento desses temas foi possível detectar não apenas a carência de arcabouço teórico, como também a possibilidade de visualizar a integração do SBZM, que atualmente encontra-se subutilizado (COELHO *et al.*, 2012), com o centro de Juiz de Fora, contribuindo para um melhor deslocamento de pessoas.

A conexão expressa entre municípios, atualmente realizada por uma linha regular de ônibus interurbano, contribuiria substancialmente para engrossar o fluxo de passageiros do terminal. Isso tenderia a proporcionar uma redução sensível de tempo de deslocamento e garantir uma maior pontualidade nos itinerários dos transeuntes, pois o veículo proposto trafega por uma via segregada (elevada ou subterrânea) do tradicional trânsito rodoviário (LEE *et al.* 2006; SCHWINDT, 2006; YAGHOUBI *et al.*, 2012).

Análises de mapas foram necessárias para identificar possíveis conexões geográficas entre pontos fundamentais no trajeto de ligação dos municípios de Juiz de Fora, Coronel Pacheco, Goianá e Rio Novo. Tais pontos vieram com o levantamento histórico da extinta Estrada de Ferro Leopoldina e Estrada de Ferro D. Pedro II (PAULA, 2000; BRASIL *et al.*, 2012; COSTA, 2013). Contudo foram levados em consideração as necessidades contemporâneas, o relevo e as possibilidades de intervenções e conexões possíveis.

A linha de trem de levitação magnética proposta, leva em consideração a conexão de pontos de baixa e alta acessibilidade dentro da mobilidade urbana. A revisão bibliográfica contribuiu nesse processo para a identificação de pontos que seriam interessantes e contribuiriam para otimizar o gerenciamento e distribuição não apenas do transporte de cargas, como também o de pessoas, do município e região.

A análise da região nas proximidades do município e delineados nessa pesquisa, é denominado de Região Metropolitana de Juiz de Fora – RMJF, norteado pelo projeto de lei 35/2015 apresentado à Assembleia Legislativa de Minas Gerais em outubro do citado ano (JORGE, 2015). Estudos como “Perspectivas de Desenvolvimento para a Zona da Mata” publicado pela Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG, caracterizaram sócio economicamente as áreas estudadas como similares e complementares entre si (FIEMG, 2015).

4. ESTUDOS DE CASO: TRANSPORTE POR LEVITAÇÃO MAGNÉTICA

Agilidade no deslocamento e segurança são a busca eterna da humanidade no campo dos transportes de passageiros e cargas. Com o advento da tecnologia de trens movidos por levitação magnética – Maglev's no século XX pode-se convir que houve uma conquista na melhora da velocidade do sistema de transporte ferroviário de alta velocidade, visto que esses trens já atingem a marca de 600 km/h (LIU *et al.*, 2006).

No início da década de 2000, ao mesmo tempo em que a China estava desenvolvendo locomotivas elétricas para sistemas HSR, a tecnologia Maglev era também uma candidata para equipar o corredor de alta velocidade entre as cidades de Pequim e Xangai. O desafio que confrontava a China era a transferência de tecnologias da Alemanha ou do Japão, uma vez que esses dois países têm implementações diferentes da tecnologia: o primeiro utiliza o sistema EMS enquanto o último utiliza o sistema EDS para a levitação dos trens (CHAN e ALDHABAN, 2009).

Uma linha Maglev entre Pequim e Xangai levaria apenas três horas em contraste com as seis horas necessárias ao trem HSR. No entanto, custo de construção de Maglev é muito mais caro do que os sistemas ferroviários convencionais.

Schach *et al.* (2006) apontam que o sistema Maglev Transrapid requer um custo de €21.530.000,00 por quilômetro de *guideway* duplo enquanto o sistema HSR apresenta um custo de €17.690.000 por quilômetro de linha dupla. O desvio padrão em os custos de construção para o sistema de HSR são €1.000.000,00 por quilômetro linha dupla, enquanto o desvio padrão para o sistema Maglev Transrapid é de apenas €456.000,00 por quilômetro de *guideway* duplo, sugerindo um menor risco de ajustes no custo da obra devido a complicações.

Behbahani *et al.* (2012) em seus estudos para a implantação de uma linha de trens de levitação magnética entre as cidades de Teerã e Mashhad, no Irã, desenvolveu um algoritmo matemático para efetuar um estudo de viabilidade de implantação da linha proposta utilizando a tecnologia *Transrapid* nos trens de levitação magnética. Os autores concluem que, excetuando a necessidade de importação da tecnologia embarcada nos trens, o custo relativo à infraestrutura pode ser reduzido em até 30% quando contratadas empreiteiras locais, passando de US\$17 milhões para US\$ 12 milhões. A discretização dos custos é fornecida pela Tabela 12.

Tabela 12 – Valor estimado de construção por km de *guideway* duplo

Item	Valor	Unidade	% total
Concreto para <i>guideway</i>	0,30	US \$ m	6,25
Concreto para colunas	0,80	US \$ m	1,66
Armadura para <i>guideway</i>	1,10	US \$ m	23,00
Armadura para colunas	0,80	US \$ m	16,60
Concreto para fundação	0,60	US \$ m	1,25
Armadura para fundação	0,40	US \$ m	8,33
Pintura da superfície superior do <i>guideway</i>	0,70	US \$ m	1,46
Formas para fundação	0,50	US \$ m	1,00
Formas para colunas	0,30	US \$ m	0,63
Formas para <i>guideway</i>	0,30	US \$ m	6,25
Terraplenagem mecanizada	0,20	US \$ m	0,42
Transporte de produtos de terraplenagem	0,20	US \$ m	0,41
Distribuição, adequação, nivelamento e compactação do solo	0,30	US \$ m	0,62
Execução da fundação	0,20	US \$ m	0,41
Trilhos de levitação magnética	0,60	US \$ m	12,50
Aparelhos de apoio estrutural	0,30	US \$ m	6,25
Estribos para <i>guideway</i>	0,40	US \$ m	8,33
Estribos para colunas	0,10	US \$ m	2,8
Estribos para fundações	0,80	US \$ m	1,66
Total	4,80	US \$ m	100,00
Parte estrutural de <i>guideway</i>	60	%	60,00
Custo total (sem ajustes)	8,00	US \$ m	
Custo total ajustado (fator de fidelidade + fator de mobilização de trabalhadores + fator localidade)	11,40	US \$ m	

Fonte: Behbahani *et al.* (2012)

4.1. A LINHA DE DEMONSTRAÇÃO DE XANGAI

Segundo Liu *et al.*, (2006), a linha de demonstração de Xangai foi a primeira a entrar em operação no mundo, com sua construção concluída em 31 de dezembro de 2002 e início de operações comerciais em maio de 2004, (tempo extremamente curto quando comparado à construção de vias férreas tradicionais) a um custo total de US\$1,58 bilhão. Com 30 km de comprimento, o sistema conta com a tecnologia de trens alemães *Transrapid* (Figura 37) e operando com velocidade máxima de 431 km/h e *headway* de apenas 10 minutos podendo, em teoria, ser operado com *headways* de apenas 3 minutos (LIU e DENG, 2004b). A linha conecta o aeroporto internacional de Pudong com o sistema de metrô da cidade em menos de oito minutos, e, até o momento, nenhum problema operacional foi detectado em seus anos de operação.

Figura 37 – Maglev de Xangai tendo ao fundo o aeroporto internacional de Pudong



Fonte: Henry Westheim Photography/Alamy.

Quando comparados os custos de manutenção, Schach *et al.* (2006) realizaram um cálculo para o custo anual de manutenção do sistema HSR assumindo a passagem de 12 trens por dia encontrando um valor de €38.763,00 por km. Os custos de manutenção anual encontrados para o sistema *Transrapid* implementado na linha de Xangai, entretanto foi de €12.264,00 por quilômetro (também assumindo 12 trens por dia), apenas um terço dos custos de manutenção para o sistema HSR.

Pelo fato de ser um sistema completamente autônomo, o sistema implantado na cidade chinesa permite a operação segura em velocidades de viagem mais elevadas quando comparadas ao sistema HSR. Portanto, um número menor de veículos é necessário para atender a mesma demanda de transporte, o que leva a uma redução dos custos de operação (SIEMENS, 2006). Como uma frota menor de veículos requer menos intervenções de operação somada a não-necessidade de condutores, os custos de operação do sistema Maglev são sensivelmente inferiores a outros sistemas de trens de passageiros.

As estações presentes na linha de Xangai são as estruturas do sistema de transporte projetadas com o objetivo de proporcionar acesso eficaz a um alto número de passageiros, fornecendo conexões intermodais regionais e locais, bem como conexões nacionais e internacionais quando considerado o terminal de passageiros presentes no aeroporto de Pudong – parada final do Maglev (Figura 38).

Figura 38 – Estação Maglev do aeroporto de Pudong em Xangai



Fonte: Yaghoubi e Keymanesh (2013)

Uma estação para trens Maglev funciona de forma equivalente (nos quesitos de planejamento, design e operação) a uma estação ferroviária intermunicipal ou local, recolhendo e distribuindo o maior número possível de passageiros com níveis mínimos de confusão e inconveniência. As estações devem possuir a capacidade de acomodar grandes concentrações de passageiros em diversos momentos do dia, executando atividades que vão desde o serviço de passageiros para a manutenção do edifício (YAGHOUBI e KEYMANESH, 2013).

Os autores continuam sua pesquisa afirmando que, no caso de Xangai, em uma estação Maglev, as atividades primárias dos passageiros incluem: aproximação do edifício, chegada à estação, entrada, espera pelo trem, saída do edifício e partida do trem. Atividades secundárias se resumem a estacionamento de veículos particulares e de transporte público, compras diversas, operação e manutenção do edifício, terminais de venda e recebimento de passagens. Os serviços da estação, incluindo salas de descanso público, ainda contemplam local para consumo e venda de refeições, banca de jornais, bilheteiras e centros de informação, facilidades (lojas, vestiários, armazenamento de bagagens, etc.), acesso a serviços de viagens como carros bagagem e espaços para exposições publicitárias além de telefones públicos devem ser contemplados em projeto.

As operações dos trens e da estação requerem pessoal para segurança e técnicos de estação, divididos em gerentes de estação e agentes de bilheteira para controlar as atividades em curso, fornecendo assistência e informações de passageiros, bem como inspecionando conjuntos de trens presentes no local. Pessoal de segurança armada são fornecidos em cada estação.

No caso de grandes estações e terminais, é necessário o emprego de segurança múltipla, além de que garagens de estacionamento são policiados. Uma estrutura deve ser fornecida para o estacionamento e não é incluída na metragem quadrada total, uma vez que as características de demanda de estacionamento mudam com o local. A estrutura de estacionamento inclui espaços de curto prazo e de longo prazo para veículos aluguel e funcionários da estação (YAGHOUBI e KEYMANESH, 2013).

No caso de estações com *guideways* elevados, todas as plataformas de embarque devem ser projetadas de forma que os passageiros não percebam diferença de nível entre a plataforma e o trem, de forma semelhante à empregada em estações de metrô. Na eventualidade das condições locais indicarem uma estação inteiramente elevada do solo, o saguão principal deve ser construído como um nível do mezanino e passarelas para os pedestres proporcionam acesso direto às imediações das instalações de transporte intermodal existentes.

Nenhum acesso desimpedido do passageiro ao *guideway* será permitido, por razões de segurança, quesito obrigatório devido ao perfil de alta velocidade e baixo ruído dos sistemas Maglev. Para a circulação vertical, todas as estações do sistema Maglev devem fornecer escadas rolantes e elevadores como os elementos primários de deslocamento e escadas como opção secundária. Os sistemas componentes de uma estação Maglev estão relacionados no Quadro 9 (GROSSERT, 2006; YAGHOUBI e KEYMANESH, 2013).

Para o evento de estações subterrâneas, como a proposta por Grossert (2006) para o aeroporto de Munique (Figura 39), a estação segue o padrão exposto pelo Quadro 9, onde a estação, que abrigará trens com a tecnologia *Transrapid* empregada em Xangai, será construída por método de corte e preenchimento a aproximadamente 18 metros abaixo do nível da plataforma ferroviária.

Quadro 9 – Componentes de uma estação Maglev

	Inclui	Funções
Piso Comum	Serviços intermodais	Ligação de passageiros com linhas de ônibus, táxis e automóveis Fornecimento de zonas de carga e descarga separadas para ônibus e automóveis Fornecer conexões diretas a aeroportos adjacentes ou estações de trem Fornecer acesso direto às instalações de estacionamento de cada estação
	Comodidades para pedestres	Reduzir o impacto visual das grandes estações e garagens de estacionamento com árvores e áreas verdes Proporcionar um ambiente pedestre amigável e seguro com iluminação adequada Fornecer interesse adicional para a área do piso comum com atividades de arte pública no mesmo.
	Vendas	Fornecer opções de lojas para os passageiros Criar um ambiente mais seguro e amigável para os passageiros com a presença de lojas acessíveis aos usuários
	Acesso ao saguão da estação	Fornecer acesso direto ao lobby da estação Tornar imediatamente adjacentes as entradas do piso comum e do saguão da estação Fornecer acesso ao nível do saguão através de passarelas
Saguão da estação	Balcão de informações	Posicionado em uma localização central altamente visível para aqueles que entram pelas portas principais da estação
	Máquinas de venda de bilhete	Posicionadas em locais convenientes em todas as estações, incluindo perto das entradas.
	Espaço comercial	Contendo cafés, bancas de jornais e lojas de conveniência
	Acesso ao nível da plataforma	Através de escadas rolantes e elevadores
	Banheiros	Situados nas extremidades do saguão da estação
	Setor de manutenção e mecânica	Situado nas extremidades da estação e separado fisicamente das áreas do saguão de passageiros
Nível da Plataforma	Serviços de bagagem	Situados na área de serviços em uma extremidade da estação
	Informações para passageiros	Fornecer painéis de informações e sinalização do sistema no nível da plataforma
	Assentos	Para passageiros que esperam a chegada de seus trens
	Iluminação e proteção solar	Permitir luz natural no nível da plataforma Oferecer proteção e áreas sombreadas aos passageiros contra intensa luz solar
	Portas de plataforma	Impedir que os passageiros entrem na área do <i>guideway</i>
	Área de bagagem	Fornecer um serviço de bagagem seguro, incluindo um elevador de serviço para a bagagem entre o nível da plataforma e o nível do saguão da estação

Fonte: Adaptado de Yaghoubi e Keymanesh (2013)

No piso intermediário, organizado acima da estação Maglev, as áreas comerciais existentes da vizinha Estação Ferroviária interurbana deverão ser estendidas de modo a acomodar o aumento da demanda e circulação de passageiros. Para o cruzamento livre de barreiras entre os níveis, as escadas rolantes e elevadores estarão disponíveis para os usuários em ambos os lados do terminal. No piso intermediário serão

instalados seis balcões e seis terminais automáticos de *check-in*, iluminados com a luz natural através de cúpulas de vidro existentes no pátio norte (Grossert, 2006).

Figura 39 – Vista em corte da estação Maglev proposta para o aeroporto de Munique



Fonte: Grossert (2006)

Além das estações para passageiros, o sistema deve contar com instalações de manutenção de modo a facilitar os serviços de inspeção de rotina, limpeza, armazenamento e reparo de veículos, bem como o equipamento e infraestrutura para a manutenção do *guideway* ao longo da rota.

A instalação de manutenção deve incluir linhas de manutenção de veículos, oficinas de manutenção, instalações de lavagem e pintura de veículos, *guideways* de estacionamento, escritórios e o centro de controle de operações e monitoramento do sistema Maglev (YAGHOUBI e KEYMANESH, 2013).

4.2. LINIMO

Em 07 de março de 2005, uma segunda linha comercial de Maglev's foi inaugurada no mundo, desta vez na prefeitura da província de Aichi, situada na ilha japonesa de Honshu. A linha, chamada de Linimo, possui 9,2 km de comprimento e opera com velocidade máxima de 100 km/h ligando as estações de Fujigaoka, na cidade de

Nagoya, até a estação Yakusa, na cidade de Toyota (Figura 40) (LIU *et al.*, 2006; AICHI RAPID TRANSIT CO., 2016).

Há nove estações em todo o percurso e o custo de construção do *guideway* foi de cerca de US\$575 milhões, custo esse maior do que o necessário, uma vez que foi construído antes do modelo de trem Maglev ser selecionado, enquanto que o preço dos veículos Maglev foi de US\$380 milhões (AICHI RAPID TRANSIT CO., 2016).

A linha atendia 31.000 passageiros diários durante a World Expo 2005 – evento que marcou sua inauguração, caindo para 12.000 passageiros diários após o evento. Desde que a Expo terminou, o Linimo serve a comunidade local diariamente entre 5h50 e 00h05 (LIU *et al.*, 2006; AICHI RAPID TRANSIT CO., 2016).

Em duas ocasiões, em março de 2005, durante a Expo, o trem foi incapaz de levitar devido ao número de pessoas dentro do trem superior à capacidade de design de 244 passageiros por trem. Assim que os passageiros extras foram removidos, o trem imediatamente voltou a levitar. Outro entrave é o fato de o Linimo ter de ser fechado por razões de segurança quando a velocidade do vento excede 25m/s, fato que acontece com certa frequência.

Figura 40 – Maglev Linimo em operação



Fonte: <<http://www.linimo.jp>> (Acesso em 18 abr. 2018)

4.3. URBAN TRANSIT MAGLEV: A LINHA URBANA SUL-COREANA

Entre os anos de 1989 e 2003, a Coréia do Sul desenvolveu protótipos Maglev. Juntamente com a Hyundai-Rotem, o Instituto Coreano de Máquinas e Materiais, empregando sistemas de suspensão EMS e propulsão LIM eventualmente concebeu o veículo UTM-02, dando início ao Programa Maglev urbano em 2006 (SHIN *et al.*, 2011).

Em 2009, os veículos Maglev foram construídos e testados até o início de 2011. A construção da linha do Aeroporto de Incheon levou mais dois anos e foi terminada finalmente em 2012 com previsão de inauguração em 2013, após um ano de testes. No entanto, o sistema manteve-se fechado ao público por mais quatro anos de modo a corrigir problemas expostos nas execuções de teste e reforçar as medidas de segurança. Os problemas incluíam: o deslocamento excessivo dos trens em situações de ventos fortes e o risco de curtos-circuitos em situações de chuva (DONA e SINGH, 2017).

Para construir a linha, vigas pré-fabricadas em concreto armado e lajes de concreto pré-fabricadas foram testados para ser usado na composição de *guideways* em as seções de linha reta enquanto que as seções curvas da linha foram utilizadas vigas metálicas de seção caixão vazada (YEO *et al.*, 2008).

O custo total do projeto adotando as tecnologias construtivas mencionadas foi de cerca de US\$342 milhões, equivalendo a um custo de construção por quilômetro de US\$35,16 milhões, valor próximo ao de sistemas de veículos leves sobre trilhos outros trilhos leves que variam entre US\$33 milhões e US\$44 milhões e cerca de um terço do valor de construção de linhas de trens convencionais na Coréia do Sul, que varia entre US\$82 milhões e US\$123 milhões por km (KYU-WON, 2016).

Em 3 de fevereiro de 2016, a Coréia do Sul iniciou operações de passageiros no Aeroporto Internacional de Incheon Maglev. Com esta realização, o país tornou-se a segunda nação no mundo a lançar tecnologia Maglev urbana (Figura 41). O veículo denominado UTM-02 levita a 8 milímetros do *guideway* com desvios de até 3 mm e se desloca a uma velocidade de 110 km/h por um trajeto de 6,1 km contendo seis estações.

Embora os veículos sejam projetados para velocidades de até 110 km/h, os deslocamentos são executados a uma velocidade máxima de 80 km/h com quatro até sete trens disponíveis de dois vagões cada. Os trens possuem capacidade de transportar

até 230 passageiros e operam entre 09h00 e 18h00 em intervalos de 15 minutos (DONA e SINGH, 2017).

Figura 41 – Veículo UTM-2 com o aeroporto de Incheon ao fundo



Fonte: ©Minseong Kim

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO

Após verificadas as peculiaridades do sistema de levitação magnética e dos fatores influenciadores na mobilidade urbana nos âmbitos geral e sob a ótica das cidades médias, além da influência histórica que o transporte ferroviário possui para a cidade de Juiz de Fora e seu entorno por meio da revisão literária, esta pesquisa realizou-se dentro da perspectiva de consolidação da região metropolitana de Juiz de Fora (vide Figura 16).

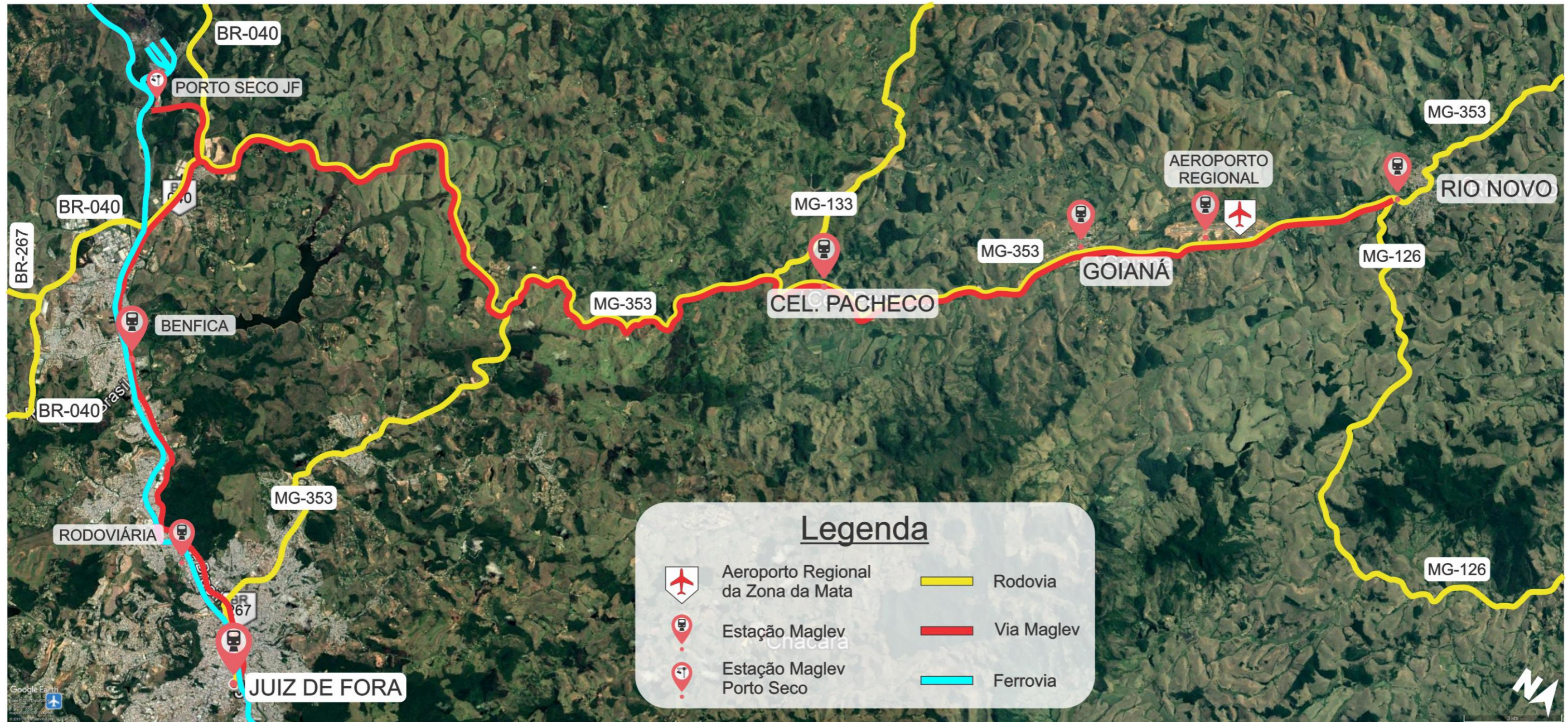
O foco foi o atual trecho de ligação entre o centro da cidade de Juiz de Fora ao SBZM que, por ser um aeroporto que suporta o transporte de cargas, faz com que seja interessante que essa conexão passe pelo distrito industrial juiz-forano, colaborando para a otimização do uso do modal, margeando de forma elevada o rio Paraibuna na área urbana da cidade para então acompanhar o leito da ainda não inaugurada via de conexão AMG-3085 entre a BR-040 e a MG-353 até esta última, seguindo pelos municípios de Coronel Pacheco e Goianá, onde localiza-se o aeroporto supracitado (vide Figura 42) terminando, por fim, no município de Rio Novo.

A área delimitada da pesquisa leva em consideração a similaridade social e econômica de municípios próximos, além de considerar que as malhas urbanas existentes estão conectadas de forma a oferecer mobilidade urbana, ainda que tenha Juiz de Fora como polo regional.

Os estudos de caso apresentados nas seções 4.1, 4.2 e 4.3 concluem a pavimentação da linha de raciocínio a qual conduz o processo analítico a ser realizado no intuito de propor premissas para a instalação da tecnologia de levitação magnética numa linha de transporte de passageiros e cargas ligando o SBZM, o porto seco e o centro de Juiz de Fora.

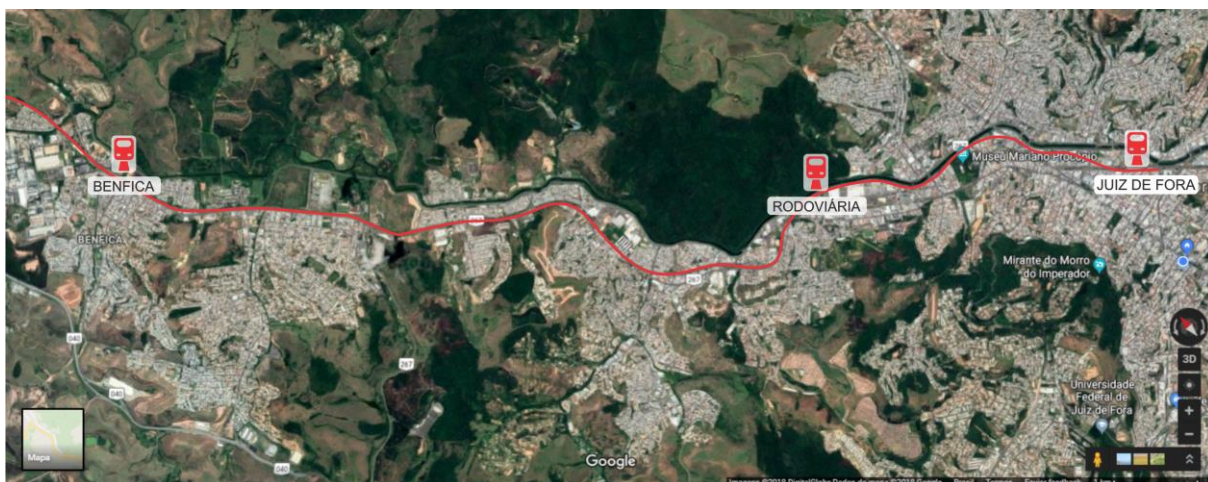
Para que sejam atendidas as necessidades de escoamento de cargas e pessoas de forma a melhorar a mobilidade urbana da RMJF como um todo (direta e indiretamente) o traçado é proposto perpassando as áreas urbanas onde já existe uma demanda de transportes de cargas e pessoas, contendo um total de 8 estações (Figura 42) sendo que 3 das quais inseridas dentro da mancha urbana de Juiz de Fora (Figura 43) se fazem necessárias no percurso de 68km entre o centro da cidade de Juiz de Fora e o município de Rio Novo, as quais serão brevemente discutidas nas subseções seguintes.

Figura 42 – Mapa da linha proposta



Fonte: o autor.

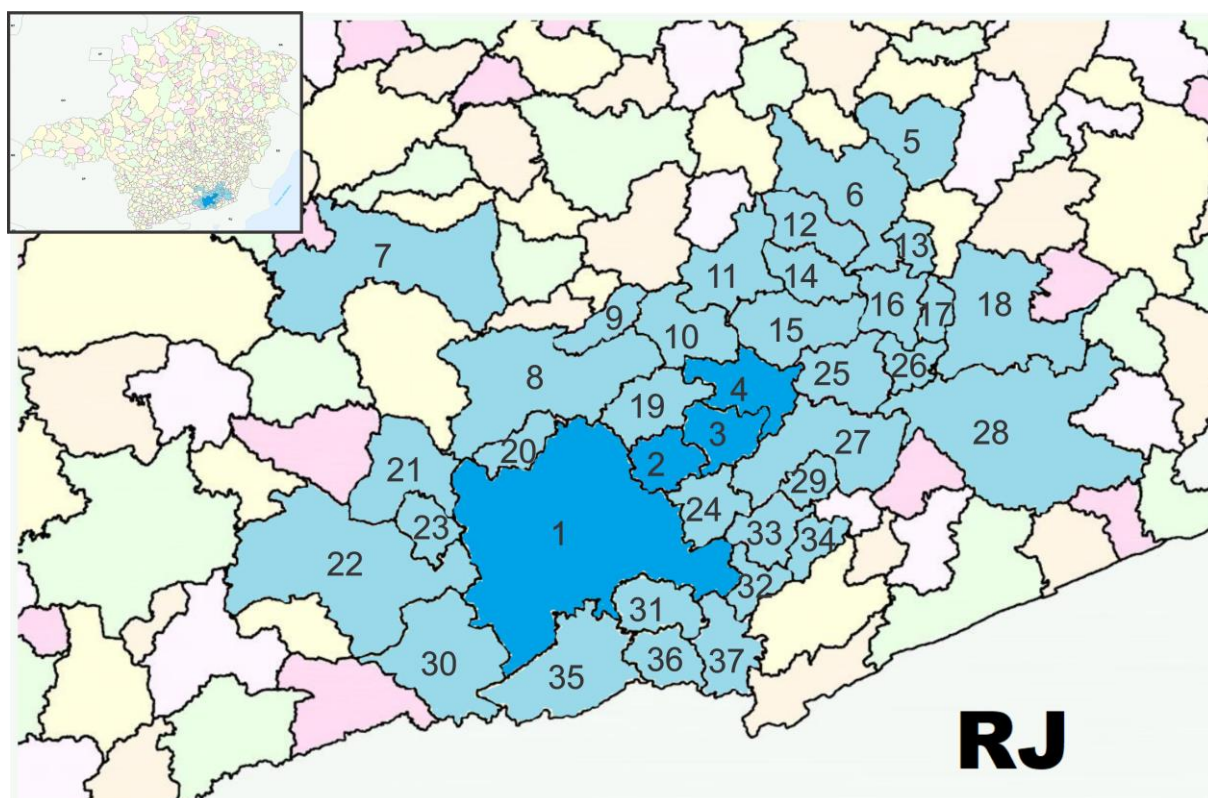
Figura 43 – Mapa das estações na cidade de Juiz de Fora



Fonte: o autor

Adotando uma postura conservadora, considerou-se que seriam afetados diretamente os municípios vizinhos às localidades de Juiz de Fora, Coronel Pacheco, Goianá e Rio Novo, onde a linha é proposta e, indiretamente, aqueles distantes cerca de 50km das estações, salvo as de importância regional onde a distância foi estendida. Tais municípios encontram-se listados na Figura 44.

Figura 44 – Mapa dos municípios beneficiados pela proposta da linha de trens magnéticos.



Lista dos Municípios		
Juiz de Fora (1)	Piraúba (14)	São João Nepomuceno (27)
Coronel Pacheco (2)	Guarani (15)	Leopoldina (28)
Goianá (3)	Astolfo Dutra (16)	Rochedo de Minas (29)
Rio Novo (4)	Dona Euzébia (17)	Santa Bárbara do Monte Verde (30)
Visconde do Rio Branco (5)	Cataguases (18)	Matias Barbosa (31)
Ubá (6)	Piau (19)	Pequeri (32)
Barbacena (7)	Ewbank da Câmara (20)	Bicas (33)
Santos Dumont (8)	Bias Fortes (21)	Guarará (34)
Aracitaba (9)	Lima Duarte (22)	Belmiro Braga (35)
Tabuleiro (10)	Pedro Teixeira (23)	Simão Pereira (36)
Rio Pomba (11)	Chácara (24)	Santana do Deserto (37)
Tocantins (12)	Descoberto (25)	
Rodeiro (13)	Itamarati de Minas (26)	

Fonte: o autor.

De acordo como arcabouço teórico adquirido no Capítulo 2 e os estudos de caso averiguados no Capítulo 4, a forma mais eficiente e econômica de se conduzir uma futura instalação de linha de trens magnéticos na região de estudo seria adotar veículos com sistema de suspensão EMS e propulsão LSM de estágio primário longo, similares ao *Transrapid* empregado na linha de Xangai, capazes de atingir velocidades de operação próximas aos 500km/h, instalando o traçado da linha sobreposto à malha rodoviária existente de modo a minimizar possíveis custos com desapropriação de terrenos e impactos ambientais, aproveitando-se da infraestrutura preexistente nos locais por onde passa.

Tal premissa se faz de forma que o sistema Maglev torne-se competitivo em relação aos custos de duplicação das estradas preexistentes (cerca de R\$7,6 bilhões/km) ou ainda a construção de um ramal ferroviário orçado em R\$8,4 bilhões/km excluindo-se as obras de construção dos terminais e custos associados à desapropriação de terrenos (BRASIL, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA ESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2017)

Contudo, o pequeno intervalo de distâncias entre as estações do perímetro urbano de Juiz de Fora impede a operação dos trens em velocidades muito superiores a 100km/h devido, em parte, ao ruído gerado pelos trens em alta velocidade. Neste cenário, faz-se a premissa de emprego dos *guideways* em estrutura metálica de forma similar ao

UTM coreano, evitando o emprego de estruturas mais complexas, pesadas e custosas em concreto armado e protendido em um trecho considerável da linha proposta.

O fato de os veículos possuírem baixo peso próprio e serem construídos com materiais compósitos, possibilita o emprego de grandes áreas envidraçadas laterais fazendo com que sua utilização como atrativo turístico seja somada à capacidade deste em prover uma solução sustentável e eficiente para deslocamentos em áreas urbanas e interurbanas.

5.1. ESTAÇÃO JUIZ DE FORA

Construída de forma a se integrar com as instalações da antiga Estrada de Ferro Leopoldina, que atualmente abrigam o Museu Ferroviário de Juiz de Fora, no pátio do prédio da Prefeitura, esta estação posiciona-se de forma estratégica na região central da cidade, vizinha à Prefeitura de Juiz de Fora, a um terminal intermunicipal de ônibus e às margens do Rio Paraibuna, por onde corre a Avenida Brasil, principal via de ligação entre as zonas norte e central (Figura 45).

Figura 45 – Área de instalação da Estação Juiz de Fora e suas adjacências



Fonte: o autor

A estação também se posiciona a poucos metros das Avenidas Francisco Bernardino e Getúlio Vargas, importantes vias do chamado “triângulo central” composto pelas avenidas Barão do Rio Branco, Presidente Itamar Franco e Francisco Bernardino,

destinos obrigatórios para a grande maioria das linhas de ônibus urbano que, pelo fato de delimitarem o maior núcleo de comércio e serviços públicos da cidade, apresentam com frequência características de sobrecarga em sua capacidade de trânsito.

Por ser uma estação com grande potencial de movimentação de pessoas, as características sugeridas por Yaghoubi e Keymanesh (2013) na seção 4.1 no tangente às amenidades e segurança se aplicam, podendo esta ser abrigo de espaços comerciais, palcos culturais e exposições de arte.

A estação ainda pode prever a futura expansão da linha em direção à cidade do Rio de Janeiro, de forma inicialmente paralela à estrada União e Indústria (LMG-874) através dos municípios de Matias Barbosa e Simão Pereira e, posteriormente seguindo o leito da BR-040.

A estação Juiz de Fora passa a ter integração direta com os municípios a seguir:

Tabela 13 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Juiz de Fora.

Município	Distância	Município	Distância
Belmiro Braga	37km	Matias Barbosa	20 km
Bicas	38 km	Pequeri	54 km
Chácara	28 km	Santana do Deserto	51 km
Ewbank da Câmara	35 km	Santos Dumont	46 km
Guarará	40 km	Simão Pereira	30 km
Lima Duarte	63 km	Sta. Bárbara do Monte Verde	61 km
Maripá de Minas	52 km		

Fonte: o autor.

5.2. ESTAÇÃO MIGUEL MANSUR

Com o intuito de promover a integração intermodal com o transporte rodoviário coletivo interestadual presente na rodoviária de Juiz de Fora (terminal rodoviário Miguel Mansur), a estação Miguel Mansur pode ser pensada de forma conectar o transporte por levitação magnética, o transporte rodoviário interestadual e as amenidades de compras e lazer presentes no recém-construído Shopping Jardim Norte, vizinho ao terminal rodoviário (Figura 46). A proximidade com o futuro Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora pode sugerir um melhor acesso da população às atividades de cultura e lazer oferecidas por essa instalação.

Pelo fato do traçado da linha seguir a margem do rio Paraíba, a estação também possibilitará o acesso de passageiros oriundos das linhas de ônibus municipais que atendem os bairros adjacentes e, por estar inserida num contexto onde os serviços de lazer, cultura e estacionamento para veículos particulares já são presentes, o projeto da estação pode ter seu foco em fornecer um elemento de continuidade entre os serviços supracitados, sem a preocupação de construir redundâncias não-essenciais.

Figura 46 – Área de instalação da Estação Miguel Mansur e suas adjacências



Fonte: o autor

A integração com o terminal de ônibus interestadual faz com que a estação Miguel Mansur tenha conexões semelhantes à estação Juiz de Fora (Tabela 14).

Tabela 14 – Distância aproximada dos municípios influenciados pela Estação Miguel Mansur.

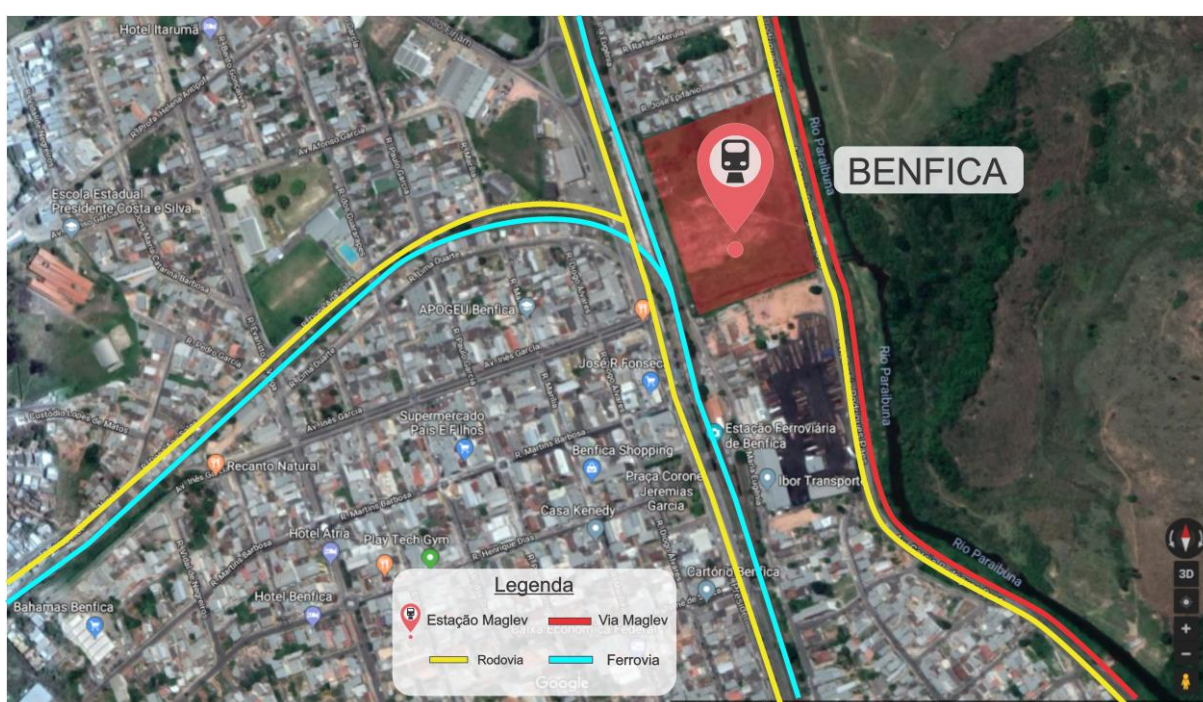
Município	Distância	Município	Distância
Barbacena	91 km	Matias Barbosa	25 km
Belmiro Braga	41 km	Pequeri	59 km
Bicas	44 km	Petrópolis	136 km
Chácara	28 km	Santana do Deserto	66 km
Ewbank da Câmara	30 km	Santos Dumont	42 km
Guarará	47 km	Simão Pereira	34 km
Lima Duarte	59 km	Sta. Bárbara do Monte Verde	70 km
Maripá de Minas	57 km	Três Rios	70 km

Fonte: o autor.

5.3. ESTAÇÃO BENFICA

Última das estações instaladas na mancha urbana de Juiz de Fora, a estação Benfica situar-se-á nas proximidades da antiga estação de trem homônima do bairro, onde poderá também abrigar um terminal de transbordo de cargas rodoviárias destinadas ao distrito industrial e localidades vizinhas, uma vez que o bairro possui proximidade com a BR-040 (indicada à esquerda da Figura 47) e abriga pátios de empresas transportadoras de carga.

Figura 47 - Área de instalação da Estação Benfica e suas adjacências



Fonte: o autor

A estação ainda prevê interações com a linha férrea adjacente, de forma a agir como mediadora entre os modais de transporte de cargas. Quanto ao atendimento ao público, a localização proposta encontra-se a poucas quadras da praça Coronel Jeremias Garcia, local que concentra boa parte das atividades e lazer e comércio do bairro. O amplo espaço também pode ser utilizado como terminal de ônibus, uma vez que esta será situada entre as avenidas Garcia Rodrigues Paes (à direita na figura 47) e Presidente Juscelino Kubitschek – via arterial de ligação entre os bairros da zona norte e centro, a qual se conecta à avenida Brasil nas proximidades do terminal rodoviário de Juiz de Fora.

A estação Benfica relaciona-se com as municipalidades vizinhas de maneira menos intensa que as estações anteriores, quando analisados os quesitos lazer e cultura.

Entretanto, a presença industrial no bairro fortalece as relações comerciais entre o município de Juiz de Fora e seus adjacentes (Tabela 15).

Tabela 15 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Benfica.

Município	Distância	Município	Distância
Belmiro Braga	51 km	Matias Barbosa	36 km
Bicas	55 km	Pequeri	70 km
Chácara	39 km	Santana do Deserto	65 km
Ewbank da Câmara	21 km	Santos Dumont	33 km
Guarará	58 km	Simão Pereira	44 km
Lima Duarte	50 km	Sta. Bárbara do Monte Verde	60 km
Maripá de Minas	68 km		

Fonte: o autor.

5.4. ESTAÇÃO PORTO SECO

Pensada de forma a operar somente com cargas oriundas das estações Benfica, Coronel Pacheco e Zona da Mata, a estação Porto Seco situa-se nas instalações alfandegadas do porto seco de Juiz de Fora, atualmente operado pela companhia Multiterminais Logística Integrada, conforme caracterizado na seção 2.2.1.

O local, situado no bairro Dias Tavares, possui conexão direta com a linha férrea operada pela MRS Logística e acesso à BR-040 nas imediações da AMG-3085 (Figura 48). Sua ligação com a linha Maglev faz com que os produtores da RMJF e microrregiões vizinhas a esta, como a de Ubá – polo moveleiro da zona da mata mineira consigam escoar sua produção industrial com maior agilidade e facilidade.

A presença do terminal aduaneiro faz com que a estação Porto Seco tenha um raio de influência considerável, influenciando diretamente municípios com produção industrial ligados à ferrovia ou às rodovias interestaduais com passagem pelo município de Juiz de Fora (Tabela 16).

Figura 48 – Área de instalação da Estação Porto Seco e suas adjacências

Fonte: o autor

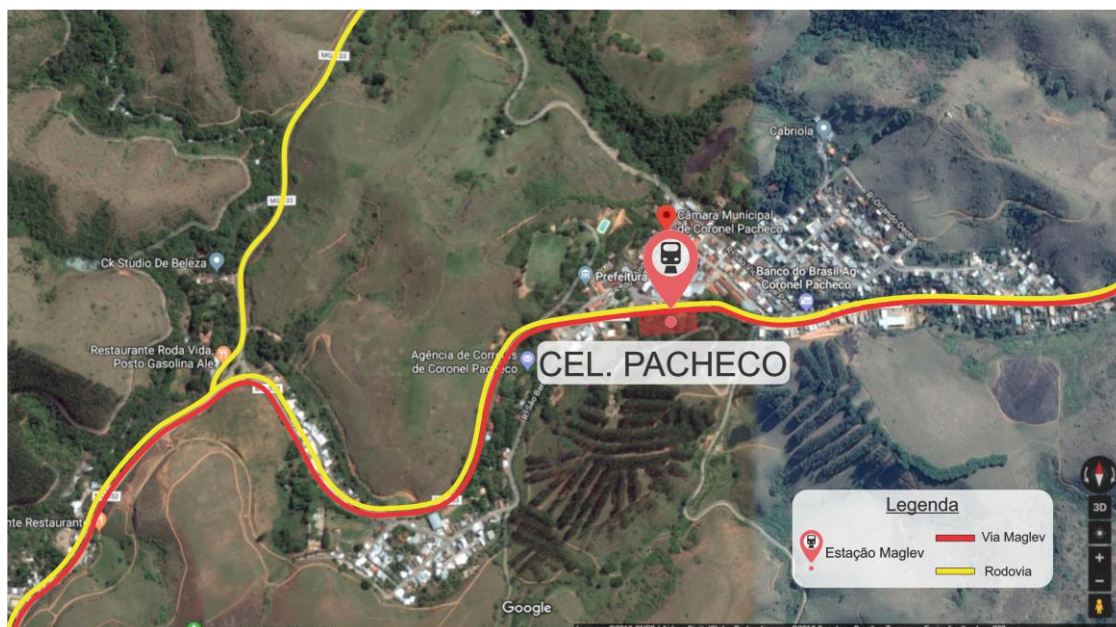
Tabela 16 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Porto Seco.

Município	Distância	Município	Distância
Barbacena	82 km	Oliveira Fortes	57 km
Belmiro Braga	58 km	Pequeri	80 km
Bicas	69 km	Petrópolis	142 km
Chácara	48 km	Santana do Deserto	72 km
Ewbank da Câmara	17 km	Santos Dumont	28 km
Guarará	68 km	Simão Pereira	53 km
Lima Duarte	57 km	Sta. Bárbara do Monte Verde	68 km
Maripá de Minas	79 km	Três Rios	85 km
Matias Barbosa	44 km	Ubá	116 km

Fonte: o autor.

5.5. ESTAÇÃO CORONEL PACHECO

Primeira das estações fora do município de Juiz de Fora, a estação Coronel Pacheco é proposta numa localidade adjacente à rodoviária da cidade, que atualmente funciona no terreno da antiga estação ferroviária da Estrada de Ferro Leopoldina do ramal Juiz de Fora a Furtado de Campos. O município com cerca de 3.000 habitantes (BRASIL, 2010) é situado na confluência das MG-133 com a MG-353 que ligam as microrregiões de Juiz de Fora e Ubá (Figura 49).

Figura 49 - Área de instalação da Estação Coronel Pacheco e suas adjacências

Fonte: o autor

O fato de a cidade ter baixo contingente populacional justifica uma implantação de estação sem maiores amenidades, mas com previsão de uma pequena área de transbordo de cargas com destino ao porto seco ou ao SBZM. A posição geográfica da cidade na malha rodoviária de transportes também pode sugerir que passageiros em viagem para Juiz de Fora ou com destino ao SBZM oriundos das localidades vizinhas desloquem-se até a estação Coronel Pacheco para utilizar do sistema Maglev, gerando uma possível demanda de estacionamento na região e fomentando a economia local.

Por situar-se entre os polos geradores de viagem de Juiz de Fora e do SBZM, a estação de Coronel Pacheco mobiliza um contingente menor de municípios vizinhos, sendo visto como ponto de transbordo e otimização de tempos de viagem entre estes e os polos supracitados (Tabela 17).

Tabela 17 – Distância dos municípios passíveis de influência pela Estação Coronel Pacheco.

Município	Distância
Piau	15 km
Chácara	38 km
Tabuleiro	31 km
São João Nepomuceno	43 km
Santos Dumont	55 km

Fonte: o autor.

5.6. ESTAÇÃO GOIANÁ

Com aproximadamente 3.700 habitantes (BRASIL, 2010), o município de Goianá está distante cerca de 10km do vizinho Coronel Pacheco e 40km do local previsto para a instalação da Estação Juiz de Fora, via MG-353.

O município abriga desde 2011 as instalações do SBZM na região limítrofe ao município de Rio Novo. De maneira semelhante à estação Coronel Pacheco, faz-se a premissa de instalação da estação nas proximidades da prefeitura municipal, margeando a MG-353 que é via arterial do município (Figura 50).

Figura 50 – Área de instalação da Estação Goianá e suas adjacências



Fonte: o autor

As funções da estação Goianá seriam de conectar a população local ao Aeroporto Regional e à cidade de Juiz de Fora, fazendo com que a construção de amenidades de lazer e cultura nesta estação não ocupem lugar de destaque entre as prioridades do projeto, uma vez que a estação é vizinha à biblioteca municipal e diversas instalações comerciais.

Assim como acontece em Coronel Pacheco, a estação Goianá torna-se ponto de conexão entre os polos geradores de viagem de Juiz de Fora e do SBZM, servindo de ponto de conexão aos municípios diretamente adjacentes, o que pode ser traduzido em um aumento de relações turísticas e comerciais para o município (Tabela 18).

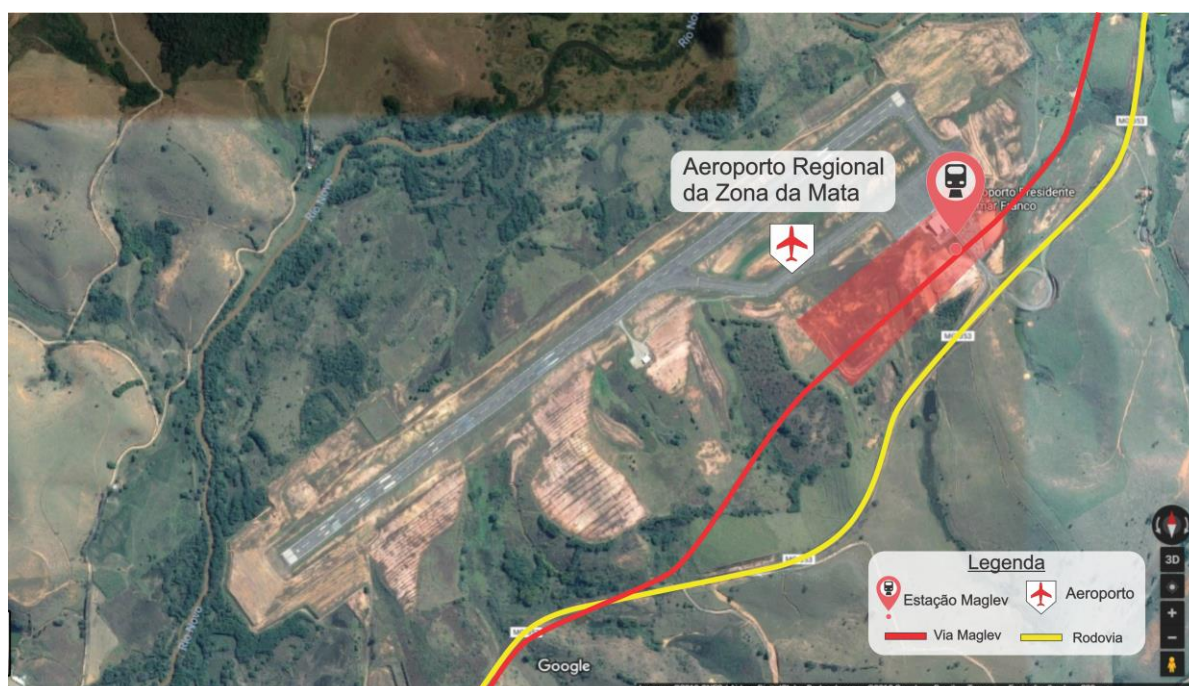
Tabela 18 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Goianá.

Município	Distância
Piau	24 km
São João Nepomuceno	34 km
Rochedo de Minas	43 km
Tabuleiro	40 km

Fonte: O autor.

5.7. ESTAÇÃO TERMINAL ZONA DA MATA

A premissa de instalação terminal Zona da Mata, se faz nas dependências do SBZM, de forma a integrar-se com o terminal de passageiros do aeroporto e seu terminal de cargas. O grande terraplano em frente ao saguão do aeroporto, atualmente descampado, possibilita a construção do Centro de Controle de Operações do sistema Maglev e do terminal de manutenção, reparo e garagem dos veículos, favorecido pela infraestrutura aeroportuária existente (Figura 51).

Figura 51 - Área de instalação da Estação Terminal Zona da Mata e suas adjacências

Fonte: o autor

A construção deve possibilitar a integração intermodal entre os meios de transporte aéreo, rodoviário (através da MG-353) e ferroviário de forma a oferecer comodidade, rapidez e segurança aos usuários dos sistemas. Sistemas de despacho e transferência de bagagem devem ser previstos, assim como a ampliação das áreas de

estacionamento e transbordo de cargas oriundas das microrregiões componentes da zona da mata mineira e do porto seco instalado em Juiz de Fora, uma vez que o terminal aeroportuário também possui pátio alfandegado e está apto a realizar operações de importação e exportação (CONCESSIONÁRIA DO AEROPORTO DA ZONA DA MATA, 2018).

Atuando como polo gerador de viagens, o terminal aeroportuário exerce influência em grande parte dos municípios integrantes da Zona da Mata mineira. Assim sendo, tal influência é transmitida para a estação Terminal Zona da Mata, que passa a ser destino de passageiros oriundos de municípios da microrregião de Juiz de Fora e adjacências (Tabela 19).

Tabela 19 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Terminal Zona da Mata.

Município	Distância	Município	Distância
Argirita	56 km	Maripá de Minas	55 km
Astolfo Dutra	57 km	Piau	30 km
Barbacena	118 km	Piraúba	37 km
Bicas	52 km	Rio Pomba	39 km
Cataguases	80 km	Rochedo de Minas	38 km
Chácara	31 km	Santos Dumont	70 km
Dona Euzébia	64 km	São João Nepomuceno	29 km
Guarani	27 km	Tabuleiro	34 km
Guarará	57 km	Tocantins	59 km
Itamarati de Minas	65 km	Ubá	72 km
Leopoldina	87 km	Visconde do Rio Branco	90 km

Fonte: o autor.

5.8. ESTAÇÃO RIO NOVO

Distante apenas 5km da estação Zona da Mata, a estação Rio Novo, instalada nas dependências da antiga estação ferroviária homônima da Estrada de Ferro Leopoldina, surge como oportunidade de resgatar a memória da ferrovia através da reabilitação de um prédio histórico atualmente desativado e agregar-se à comunidade do município por meio de um sistema de transporte sustentável e eficiente.

De forma semelhante a Coronel Pacheco, a localidade de Rio Novo possui aproximadamente 8.700 habitantes (BRASIL, 2010) e atualmente faz a ligação entre as microrregiões de Juiz de Fora e Ubá por meio da MG-126 e MG-353 (Figura 52).

Figura 52 – Área de instalação da Estação Rio Novo e suas adjacências



Fonte: o autor

Pensada como parada intermediária para os trens Maglev com destino a Juiz de Fora a estação não requer muitas amenidades outras que as culturais e essenciais de segurança das operações, uma vez que se trata de um prédio histórico inserido numa zona comercial da cidade.

A estação Rio Novo surge como ponto de embarque de passageiros oriundos das municipalidades vizinhas e das microrregiões de Ubá e Cataguases com destino às demais estações da linha proposta (Tabela 20).

Tabela 20 – Distância aproximada dos municípios passíveis de influência pela Estação Rio Novo.

Município	Distância	Município	Distância
Aracitaba	46 km	Rochedo de Minas	35 km
Astolfo Dutra	51 km	São João Nepomuceno	25 km
Descoberto	37 km	Tabuleiro	32 km
Itamarati de Minas	62 km	Tocantins	52 km
Piraúba	33 km	Ubá	59 km
Rio Pomba	32 km		

Fonte: o autor.

6. CONCLUSÕES

Atualmente os engenheiros de transportes e urbanistas possuem um desafio ainda maior do que seus predecessores, a complexidade de mobilidade aumentou, clamando por soluções de demanda x tempo x espaço em equações cada vez mais complexas.

Acredita-se que reorganizar um julgamento de grandeza que envolva novas tecnologias e suas necessidades de implantação perpassa por uma tentativa de resgate de parte de malhas antigas, que hoje, perderam suas funções frente a novas tecnologias, mas que podem ceder seu traçado para novas propostas.

O debate da RMJF tem perpassado anos. Trazer novos argumentos e fomentar o uso e aplicabilidade de novas tecnologias para resolução de problemas de mobilidade urbana colabora para que, cada dia mais, a conscientização de que um crescimento urbano sustentável é eminente. Agregar às políticas públicas soluções ambientalmente responsáveis e eficientes colaboram a curto e longo prazo para um crescimento econômico e social flexível, abrindo possibilidades de soluções frente a novos desafios contemporâneos.

Isso é facilmente observado se refletirmos sobre o desenvolvimento da malha urbana de transporte desde os caminhos no período colônia, perpassando pelos trilhos de trens e veículos motorizados em geral no período imperial e república, chegando até as tecnologias de ponta como o Maglev. A proposta apresentada neste trabalho trouxe a alternativa de ligação intermodal de alta velocidade, autônoma e sustentável, que vem apresentando bons resultados em outros cenários internacionais, o que justificaria por si só, os investimentos dispendidos, muito embora, esse trabalho não aborde custos de implantação no cenário nacional.

Segundo Neto e Souza (2011), a capacidade de um aeroporto tem diversas variantes em termos de significado, mas, em geral, refere-se ao limite, quando alcançado ou excedido, que compromete a operação e o nível de serviço do aeroporto.

Com os dados presentes na página virtual da concessionária do SBZM (CONCESSIONÁRIA DO AEROPORTO DA ZONA DA MATA, 2018), e os estudos realizados por Medeiros (2004) e Coelho *et al.* (2012), percebe-se que o aeroporto

encontra-se numa condição de subutilização, uma vez que sua infraestrutura comporta um número maior de operações de pouso, decolagens e transbordo de cargas.

A proposta de ligação intermodal afeta diretamente os municípios de Juiz de Fora, Coronel Pacheco, Goianá e Rio Novo, uma vez que prevê a construção de infraestrutura e estações de embarque e desembarque de passageiros e carga em pontos de interesse, e indiretamente os demais municípios integrantes das microrregiões de Juiz de Fora, Ubá, Cataguases e outras mais adjacentes, criando benefícios a todos, em maior ou menor escala por toda a Zona da Mata de Minas Gerais.

Embora uma realidade distante aos olhos brasileiros, sistemas de transporte por levitação magnética já são realidade no mundo com prospectos positivos na Ásia e Europa, atraindo olhares de outras nações ao redor do globo, com pesquisas em andamento promissoras inclusive em solo nacional (David *et al.*, 2006) que prometem reduzir os custos de implantação e aumentar as tolerâncias de alinhamento do *guideway* devido às exigências dos sistemas de levitação EMS, que dispensam o uso de supercondutores, como é o caso dos sistemas EDS.

Em tempos recentes, passos importantes em direção à popularização deste meio de transporte foram dados, sobretudo pelo sistema UTM coreano, ao alinhar uma redução sensível de custos em detrimento das altas velocidades em linhas urbanas de transporte.

A operação autônoma dos trens Maglev adicionam segurança e confiabilidade ao transporte coletivo de passageiros, desafogando vias de tráfego rodoviário e gerando uma conseqüente melhora nos indicadores de mobilidade urbana em zonas metropolitanas sensíveis à congestionamentos quando devidamente integrado aos outros modais de transporte.

O assunto é, entretanto, pouco abordado pela pesquisa nacional em sua vastidão de aplicações, sobretudo na ótica do ambiente construído e na engenharia de transportes e, tomando em consideração as premissas utilizadas para a sugestão de implantação de uma linha de trens magnéticos entre a cidade de Juiz de Fora e o Aeroporto Regional Presidente Itamar Cautieiro Franco, o alto investimento de implantação verificado nos estudos de caso internacionais seria justificado pela melhora

das condições de deslocamento de cargas e pessoas na microrregião de Juiz de Fora e adjacências, levando a um possível aumento na demanda de uso do referido aeroporto.

No entanto, com foco no cenário da mobilidade urbana juiz-forana, melhoras no transporte público somente seriam alcançadas com a integração dos demais sistemas de transporte existentes, visto que a quase totalidade das linhas de ônibus municipal da cidade possuem pontos de parada na região central, sobrecarregando o sistema viário e realizando viagens desnecessariamente longas e ineficientes. Neste quesito, a implantação de um sistema de transporte rápido, integrado com a tecnologia Maglev, de forma que os ônibus municipais tivessem como origem a estação Maglev mais próxima e trabalhassem na coleta de passageiros dos bairros do entorno, utilizando o sistema de bilhete único já previsto no último edital licitatório publicado pela prefeitura e até a presente data não implantado no município (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA, 2015).

Por fim, estudos mais detalhados de demanda de transportes, geotecnia e impacto ambiental são sugeridos de forma a confirmar ou refutar a viabilidade de instalação da tecnologia no recorte estudado neste trabalho, e sua possível extensão às cidades-polo das microrregiões vizinhas, como Ubá e Cataguases, levando em consideração os possíveis desdobramentos dos cenários social, político e econômico da região e sua posição estratégica na cadeia logística nacional.

REFERÊNCIAS

AICHI RAPID TRANSIT CO. <http://www.linimo.jp/en/>. Disponível em: <<http://www.linimo.jp/en/>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

ALBICINI, F.; ANDRIOLLO, M.; MARTINELLI, G.; MORINI, A. General expressions of propulsion force in EDS-MAGLEV transport systems with superconducting coils. **IEEE Transactions on Applied Superconductivity**, v. 3, n. 1, p. 425–429, mar. 1993.

ANDRIOLLO, M.; MARTINELLI, G.; MORINI, A.; SCUTTARI, A. Minimization of the induced current effects in the shields of SC coils in EDS-MAGLEV trains. **IEEE Transactions on Applied Superconductivity**, v. 5, n. 2, p. 604–609, jun. 1995.

BASTOS, S. Q. DE A. **Juiz De Fora: Análise do desenvolvimento industrial e dos desafios colocados pela implantação da Mercedes-Benz** Anais do X Seminário sobre a Economia Mineira. **Anais...**Diamantina: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. Disponível em: <<http://diamantina.cedeplar.ufmg.br/portal/publicacoes/diamantina-2002/>>

BEHBAHANI, H.; YAGHOUBI, H.; REZVANI, M. A. Development of technical and economical models for widespread application of magnetic levitation system in public transport. **International Journal of Civil Engineering**, v. 10, n. 1, p. 13–24, 2012.

BRASIL, C. C. G.; COSTA, A. M.; CASTAÑÓN, J. A. B. **No o (In) esquecido ramal da Estrada de Ferro Leopoldina de Juiz de Fora a Furtado de Campos**. 1. ed. Juiz de Fora: TecArt, 2012.

BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Dados Estatísticos ANAC**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos/arquivos/Consulta62017.xlsb>>. Acesso em: 10 jun. 2018

BRASIL, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Custos médios gerenciais**. 2017. Disponível em <<http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/custo-medio-gerencial/ANEXOIXCUSTOMDIOGERENCIALNOVEMBRO2016.pdf>>. Acesso em: 18 maio. 2018

BRASIL, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Tomo 3 - Indústrias de Transportes, Indústria Fabril. *In*: **Séries Estatísticas Retrospectivas vol. 2: O Brasil, suas riquezas naturais, suas indústrias**. fac simile ed. Rio de Janeiro: Biblioteca Central - IBGE, 1986. p. 440.

_____. **Regiões de Influência das Cidades**. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

_____. **Censo Demográfico 2010 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=31>>. Acesso em: 10 maio. 2017.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Brasília: Ministério das Cidades, 2013.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES; COMPANHIA BRASILEIRA DE TRANSPORTES URBANOS. **Relatório de Gestão Exercício de 2016**. Rio de Janeiro: Ministério das Cidades, 2016.

BRASIL, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIÇÃO CIVIL. **Transportes 2016**. Brasília: Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, 2016.

BRASIL, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIÇÃO CIVIL; BRASIL, EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA. **Anuário Estatístico de Transportes 2010 - 2016**. Brasília: Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, 2017.

BRASIL, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIÇÃO CIVIL; LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA. **Aeroporto de Goianá: Plano Básico de Zoneamento de Ruído**. Florianópolis: Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, 2016.

CAMPOS, J.; RUS, G. DE. Some stylized facts about high-speed rail: A review of HSR experiences around the world. **Transport Policy**, v. 16, n. 1, p. 19–28, 2009.

CARLOS, H.; OLIVEIRA, M. DE. CIDADE MÉDIA: APONTAMENTOS METODOLÓGICOS E TIPOLOGIA. **REVISTA CAMINHOS DE GEOGRAFIA**, v. 15, n. 52, p. 119–133, 2014.

CARVALHO, C. H. R. DE. Mobilidade urbana sustentável: conceitos, tendências e reflexões. **Textos Para Discussão • Ipea**, n. 2194, p. 38, 2016.

CARVALHO, C. H. R. DE; PEREIRA, R. H. M. Gastos das Famílias Brasileiras com Transporte Urbano Público e Privado no Brasil: uma análise da POF 2003 e 2009. **Textos Para Discussão • Ipea**, p. 30, 2012.

CHAN, L.; ALDHABAN, F. **Technology transfer to China: With case studies in the high-speed rail industry** PICMET '09 - 2009 Portland International

Conference on Management of Engineering & Technology. **Anais...IEEE**, ago. 2009. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5261772>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

COELHO, L. G.; SILVA, A. N. R. DA; DINATO, A. C. Capacidade e nível de serviço do terminal de passageiros de um aeroporto regional - o caso de Ribeirão Preto. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 3, p. 107–120, set. 2012.

CONCESSIONÁRIA DO AEROPORTO DA ZONA DA MATA. **Aeroporto Presidente Itamar Franco**. Disponível em: <<http://www.cazm.com.br/>>. Acesso em: 20 maio. 2018.

COSTA, A. M. **Evolução do complexo ferroviário urbano central e seu entorno na cidade de juiz de fora**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.

DAI, H. **Dynamic behavior of maglev vehicle/guideway system with control**. Cleveland: Case Western Reserve University, 2005.

DAVANZO, A. M. Q.; NEGREIROS, R.; SANTOS, S. M. M. O Fato Metropolitano e os Desafios para sua Governança. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 119, p. 65–83, 2010.

DAVID, E. G.; STEPHAN, R. M.; COSTA, G. C.; FERREIRA, A. C.; ANDRADE JR, R.; NICOLSKY, R.; MOREIRA, M. A. C. **Feasibility study of an HTS-Maglev line at the Federal University of Rio de Janeiro**The 19th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives. **Anais...Dresden**: 2006

DEPARTMENT FOR TRANSPORT. Transport Statistics Great Britain 2016. p. 356, 2016a.

_____. **Reported Road Casualties Great Britain: 2015 Annual Report**. Londres: DfT, 2016b.

DEUS, J. B. AS CIDADES MÉDIAS NA NOVA CONFIGURAÇÃO TERRITORIAL BRASILEIRA. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 11, 30 jun. 2008.

DONA, S.; SINGH, A. **The workings of maglev: a new way to travel**. Honolulu. 2017. Disponível em: <<http://www.cee.hawaii.edu/wp-content/uploads/2016/05/UHM-CEE-17-01.pdf>>.

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

FIEMG, F. DAS I. DO E. DE M. G. **Perspectivas de desenvolvimento para a Zona Da Mata Mineira**. Belo Horizonte: FIEMG, 2015.

FISTOLA, R. The Joint City. **TeMaLab Journal of Mobility, Land Use and Environment**, v. 3, p. 15–20, 2010.

FLORES, J. V **Brasil nos Trilhos - Painel Estratégico: Transporte de Passageiros**. Brasília. Associação Nacional de Transporte Ferroviário, 2012. Disponível em: <http://www.antf.org.br/wp-content/uploads/2017/01/joubert_flores-anptrilhos.pdf> Acesso em: 21 maio. 2018

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Dados Socioeconômicos de Juiz de Fora**. Disponível em: <<http://imrs.fjp.mg.gov.br/Perfil/PerfilMunicipal?id=420>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

G1 ZONA DA MATA. **Prefeitura de Juiz de Fora confirma empresa AMD como a nova administradora do Aeroporto da Serrinha**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/prefeitura-de-juiz-de-fora-confirma-empresa-amd-como-a-nova-administradora-do-aeroporto-da-serrinha.ghtml>>. Acesso em: 20 maio. 2018.

GIERAS, J. F.; PIECH, Z. J.; TOMCZUK, B. Z. **Linear Synchronous Motors Transportation and Automation Systems**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011.

GIROLETTI, D. **Industrialização de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Editora da Universidade Federal de Juiz de Fora, 1988.

GREENEMEIER, L. Uber Self-Driving Car Fatality Reveals the Technology's Blind Spots. **Scientific American**, 21 mar. 2018.

GROSSERT, E. **Actual developments in Guideway Constructions at the Example of the TRANSRAPID Munich Project**The 19th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives. **Anais...**Dresden: 2006

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Mobilidade e Política urbana: subsídios para uma gestão integrada**. Rio de Janeiro: Ministério das Cidades, 2005.

INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS. **High Speed Rail - Fast Track to Sustainable Mobility**. Paris: UIC, 2015.

JORGE, A. PLC 34 2015 - projeto de lei complementar. . 2015, p. 1–2.

KUSAGAWA, S.; BABA, J.; SHUTOH, K.; MASADA, E. Multipurpose Design Optimization of EMS—Type Magnetically Levitated Vehicle Based on Genetic Algorithm. **IEEE Transactions on Applied Superconductivity**, v. 14, n. 2, p. 1922–1925, jun. 2004.

KYU-WON, K. **South Korea's first domestically-developed maglev train opens.** Disponível em: <http://english.hani.co.kr/arti/english_edition/e_national/729163.html>. Acesso em: 22 maio. 2018.

LEE, H. W.; KIM, K. C.; LEE, J. Review of Maglev train technologies. **IEEE Transactions on Magnetics**, v. 42, n. 7, p. 1917–1925, 2006.

LIU, R.; DENG, Y. Engineering Comparison of High-Speed Rail and Maglev Systems: A Case Study of Beijing-Shanghai Corridor. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1863, n. 04, p. 19–27, jan. 2004a.

_____. Comparing Operating Characteristics of High-Speed Rail and Maglev Systems: Case Study of Beijing-Shanghai Corridor. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1863, n. 1, p. 19–27, jan. 2004b.

LIU, Y.; SUN, G.; WEI, R. The developmental status and future prospects of Maglev technology. **Maglev2006, Proceeding**, v. 1, p. 59–64, 2006.

MCCURRY, J. Japan's maglev train breaks world speed record with 600km/h test run. **The Guardian**, 21 abr. 2015.

MEDEIROS, A. G. **Um metodo para dimensionamento de terminais de passageiros em aeroportos brasileiros.** São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2004.

MRS LOGÍSTICA. Relatório anual 2017. *In*: **Relatório anual 2017.** Rio de Janeiro: MRS Logística, 2018. p. 29.

MULTITERMINAIS LOGÍSTICA INTEGRADA. **Porto seco de Juiz de Fora.** Disponível em: <<https://www.multiterminais.com.br/porto-seco-juiz-de-fora-mg>>. Acesso em: 20 maio. 2018.

NAUMANN, R.; SCHACH, R.; JEHLE, P. **An Entire Comparison of Maglev and High-Speed Railway Systems**The 19th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives. **Anais...2006**

NETO, C. A. DA S. C.; SOUZA, F. H. DE. Aeroportos no Brasil: investimentos

recentes, perspectivas e preocupações. **Notas técnicas IPEA**, v. 24, p. 24, 2011.

OECD TRANSPORT RESEARCH CENTRE. **Managing Urban Traffic Congestion**. Paris: OECD Publishing, 2007. Disponível em: <<http://www.oecd.org/>>.

OLIVEIRA, G. H. B. **Juiz de Fora, Industrialização: uma abordagem historiográfica. 1850 – 1930**. Anais do I colóquio do LAHES. **Anais...Juiz de Fora**: 2005. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/lahes/files/2010/03/c1-a27.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

PARK, D. Y.; SHIN, B. C.; HAN, H. Korea's urban maglev program. **Proceedings of the IEEE**, v. 97, n. 11, p. 1886–1891, 2009.

PAULA, D. A. DE. **Fim de Linha: a extinção de ramais da Estrada de Ferro Leopoldina**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2000.

PEREIRA, R. H. M.; SCHWANEN, T. **Tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil (1992-2009): diferenças entre regiões metropolitanas, níveis de renda e sexo**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2013.

PERO, V.; STEFANELLI, V. A Questão Da Mobilidade Urbana Nas Metrôpoles Brasileiras. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 19, n. 3, p. 366–402, 2015.

PIRES, A. A industrialização de Juiz de Fora. **REVISTA CIENTÍFICA DA FAMINAS**, v. 1, n. 2, p. 25, 2005.

POST, R. F.; RYUTOV, D. D. **The Inductrack Concept : a New Approach to Magnetic Levitation**. MAGLEV 2000 The 16th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives. **Anais...Rio de Janeiro**: 2000a. Disponível em: <<https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/237852.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2017.

_____. The Inductrack: a simpler approach to magnetic levitation. **IEEE Transactions on Applied Superconductivity**, v. 10, n. 1, p. 901–904. 2000b.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA. Concessão do Serviço Regular de Transporte Coletivo de Passageiros Por Ônibus e por Veículos de Pequeno Porte Adaptados para Pessoas com Deficiência Física No Município de Juiz de Fora, Estado de Minas Gerais. . 2015, p. 249.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade FEEVALE, 2013.

REN, S. **Dynamic Simulation of the Maglev Guideway Design**. Delft: Delft University of Technology, 2008.

REN, S.; ROMEIJN, A.; KLAP, K. Dynamic Simulation of the Maglev Vehicle/Guideway System. **Journal of Bridge Engineering**, v. 15, n. 3, p. 269–278, maio 2010.

RIBEIRO, T. G. **Paisagem e espaço público: as intervenções urbanas na avenida Barão do Rio Branco em Juiz de Fora/MG**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.

ROSANA, M.; ARAÚJO, M. DE; OLIVEIRA, J. M. DE; JESUS, M. S. DE. Transporte Público Coletivo: Discutindo Acessibilidade, Mobilidade e Qualidade de Vida. **Psicologia & Sociedade**, v. 23, n. 3, p. 574–582, 2011.

RUBIM, B.; LEITÃO, S. O plano de mobilidade urbana e o futuro das cidades. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 79, p. 55–66, 2013.

SAKAMOTO, T.; SHIROMIZU, T. Propulsion control of superconducting linear synchronous motor vehicle. **IEEE Transactions on Magnetics**, v. 33, n. 5, p. 3460–3462, 1997.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI**. 10 edição ed. Rio de Janeiro: Editora Record, 2008.

SASAKAWA, T.; TAGAWA, N. Reduction of magnetic field in vehicle of superconducting maglev train. **IEEE Transactions on Magnetics**, v. 36, n. 5, p. 3676–3679, 2000.

SCHACH, R.; JEHLE, P.; NAUMANN, R. **Transrapid und Rad-Schiene-Hochgeschwindigkeitsbahn**. 1. ed. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2006.

SCHWINDT, G. **The Guideway**The 19th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives. **Anais...**Dresden: IEEE, 2006. Disponível em: <http://www.maglev.ir/eng/documents/papers/conferences/maglev2006/topic6/MT_CP_M2006_T6_1.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.

SCHWINDT, G.; HAUKE, U.; FRIED, A. **Interaction Vehicle / Guideway Guideway Design Aspects for the Munich Airport Link Proposed Topic Number : 5 . 1 General Requirements of the Guideway of the Munich Airport Link**. The 18th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives. **Anais...**Shanghai: 2004

SHI, J.; FANG, W.; WANG, Y.; ZHAO, Y. Measurements and analysis of track

irregularities on high speed maglev lines. **Journal of Zhejiang University SCIENCE A**, v. 15, n. 6, p. 385–394, 2014.

SHIN, B. C.; KIM, W. J.; PARK, D. Y.; BAIK, S. H.; BEAK, J. G.; KANG, H. S. **Recent Progress of Urban Maglev Program in Korea**. The 21st International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives. **Anais...** Daejeon: 2011. Disponível em: <<http://www.maglev.ir/eng/documents/papers/conferences/maglev2011/KS-06.pdf>>. Acesso em: 30 maio. 2017.

SIEMENS, T. S. **We move the future - Propulsion technology and power supply for the Transrapid high-speed maglev system**. Erlangen: SIEMENS, 2006.

SPOSITO, M. E. B. **Para pensar as pequenas e médias cidades brasileiras**. Belém: Editora Universitária UFPA, 2009.

SUN, Y.; LEE, C.; HAN, Y.; JO, J.; LEE, J.; LEE, K. Position Sensing Method for Linear Synchronous Motor Propelled High-Speed Train by Using Single Cross-Loop Inductive Cable and Three-Phase Receiving Antennas. **Sensors and Materials**, v. 29, n. 5, p. 601–610, 2017.

TALUKDAR, R. P.; TALUKDAR, S. Dynamic Analysis of High Speed Maglev Vehicle-guideway System Using SIMULINK. **Procedia Engineering**, v. 144, p. 1094–1101, 2016.

TSUCHISHIMA, H.; HERAI, T. Superconducting magnet and on-board refrigeration system on Japanese MAGLEV vehicle. **IEEE Transactions on Magnetics**, v. 27, n. 2, p. 2272–2275, mar. 1991.

UFJF, U. F. DE J. DE F. **Portal UFJF**. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/ufjf/aceso-a-informacao/alunos/>>. Acesso em: 19 maio. 2018.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision**. Disponível em: <<https://esa.un.org/unpd/wup/DataQuery/>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

URMSON, C.; WHITTAKER, W. Self-Driving Cars and the Urban Challenge. **IEEE Intelligent Systems**, v. 23, n. 2, p. 66–68, mar. 2008.

VERMILYEA, M. E.; MINAS, C. A cryogen-free superconducting magnet design for Maglev vehicle applications. **IEEE Transactions on Applied Superconductivity**, v. 3, n. 1, p. 444–447, mar. 1993.

YAGHOUBI, H.; BARAZI, N.; AOLIAEI, M. R. Maglev. *In: PERPINYA, D. X. (Ed.). . **Maglev, Infrastructure Design, Signalling and Security in Railway***. Rijeka: InTech, 2012. p. 522.

YAGHOUBI, H.; KEYMANESH, M. R. Design and Evaluation Criteria for Stations of Magnetically Levitated Trains. **Journal of Civil Engineering and Science**, v. 2, n. 2, p. 71–84, 28 jun. 2013.

YANG, J.; COUGHLIN, J. F. In-vehicle technology for self-driving cars: Advantages and challenges for aging drivers. **International Journal of Automotive Technology**, v. 15, n. 2, p. 333–340, 5 mar. 2014.

YEO, I.; JANG, S. Y.; LEE, J. S.; CHUNG, W. **New Guideway Design For Urban Maglev In Korea**The 20th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives. **Anais...**San Diego: 2008

ANEXO

ANEXO A: CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO DE JUIZ DE FORA

As informações seguintes foram extraídas do edital de licitação para empresas ou convênios de empresas de ônibus no município de Juiz de Fora (Prefeitura Municipal de Juiz de Fora, 2015).

CONCORRÊNCIA Nº 005/2014 – SETTRA

Anexo I - Projeto Básico

1. Situação Atual

O Sistema de Transporte Coletivo de Juiz de Fora tem como órgão gestor a Secretaria de Trânsito e Transportes - SETTRA. O serviço de transporte coletivo urbano é atualmente prestado e explorado por empresas privadas.

Os principais dados de oferta, demanda e aspectos tarifários do serviço atual estão relacionados a seguir:

Principais indicadores de oferta e demanda da atual rede de transporte:

Serviço	Transporte Urbano
Número de linhas	265 Linhas
Frota Operacional	532 Veículos
Frota Reserva	57 Veículos
Frota Total	589 Veículos
Quilometragem Operacional	3.851.752,62 Km/mês
Quilometragem Ociosa (3%)	115.552,58 Km/mês
Quilometragem Total	3.967.305,19 Km/mês
Passageiros Pagantes por Mês	8.504.716
Passageiros Estudantes por Mês	63.684
Passageiros Gratuitos por Mês	2.104.180

A tarifa praticada atualmente nas linhas urbanas de Juiz de Fora (convencionais e eventuais) é R\$2,25 (dois reais e vinte e cinco centavos).

O benefício da gratuidade é concedido aos idosos, deficientes e seus acompanhantes, rodoviários e estudantes.

2. Dados Operacionais, Níveis de Serviço e Redes

São apresentados nesta seção os dados referentes às variações da demanda por faixa horária, inclusive com percentual de pagantes, de gratuidade e de estudantes, do atual sistema de transporte coletivo urbano por ônibus de Juiz de Fora; as matrizes de origem/destino diária e por faixas horárias dos deslocamentos atualmente observados, com o respectivo zoneamento; os parâmetros de nível de serviço que terão que ser cumpridos ao longo do contrato de concessão; a rede que será implantada no início do contrato; a rede que será implantada no curto prazo; e a lógica operacional da rede que pretende-se implantar no longo prazo.

2.1 – Tabela de % de Variação horária da demanda do Sistema de Transporte Coletivo Atual em um dia útil:

Faixa Horária	% Demanda	% Pagantes	% Estudantes	% Gratuidade
03:00 às 03:59	0,03%	46,83%	0,00%	53,17%
04:00 às 04:59	0,48%	68,56%	0,15%	31,29%
05:00 às 05:59	3,34%	87,13%	0,66%	12,21%
06:00 às 06:59	8,83%	87,87%	2,30%	9,83%
07:00 às 07:59	8,39%	86,28%	0,83%	12,89%
08:00 às 08:59	5,55%	79,37%	0,20%	20,44%
09:00 às 09:59	4,05%	70,66%	0,41%	28,93%
10:00 às 10:59	3,63%	70,08%	0,98%	28,94%
11:00 às 11:59	5,43%	77,47%	3,56%	18,97%
12:00 às 12:59	6,63%	79,55%	3,19%	17,26%
13:00 às 13:59	5,60%	74,00%	0,66%	25,34%
14:00 às 14:59	4,92%	73,60%	0,24%	26,17%
15:00 às 15:59	5,18%	75,97%	0,38%	23,66%
16:00 às 16:59	6,20%	77,52%	1,00%	21,48%
17:00 às 17:59	8,40%	83,40%	1,67%	14,93%
18:00 às 18:59	7,62%	83,47%	0,49%	16,04%
19:00 às 19:59	5,26%	84,15%	0,08%	15,77%
20:00 às 20:59	3,23%	82,31%	0,17%	17,52%
21:00 às 21:59	2,88%	82,74%	0,54%	16,71%
22:00 às 22:59	3,18%	84,86%	0,24%	14,90%
23:00 às 23:59	1,16%	81,83%	0,08%	18,09%
Total	100,00%	79,53%	0,69%	19,78%

Juiz de Fora / MG - Demanda de um Mês Típico:

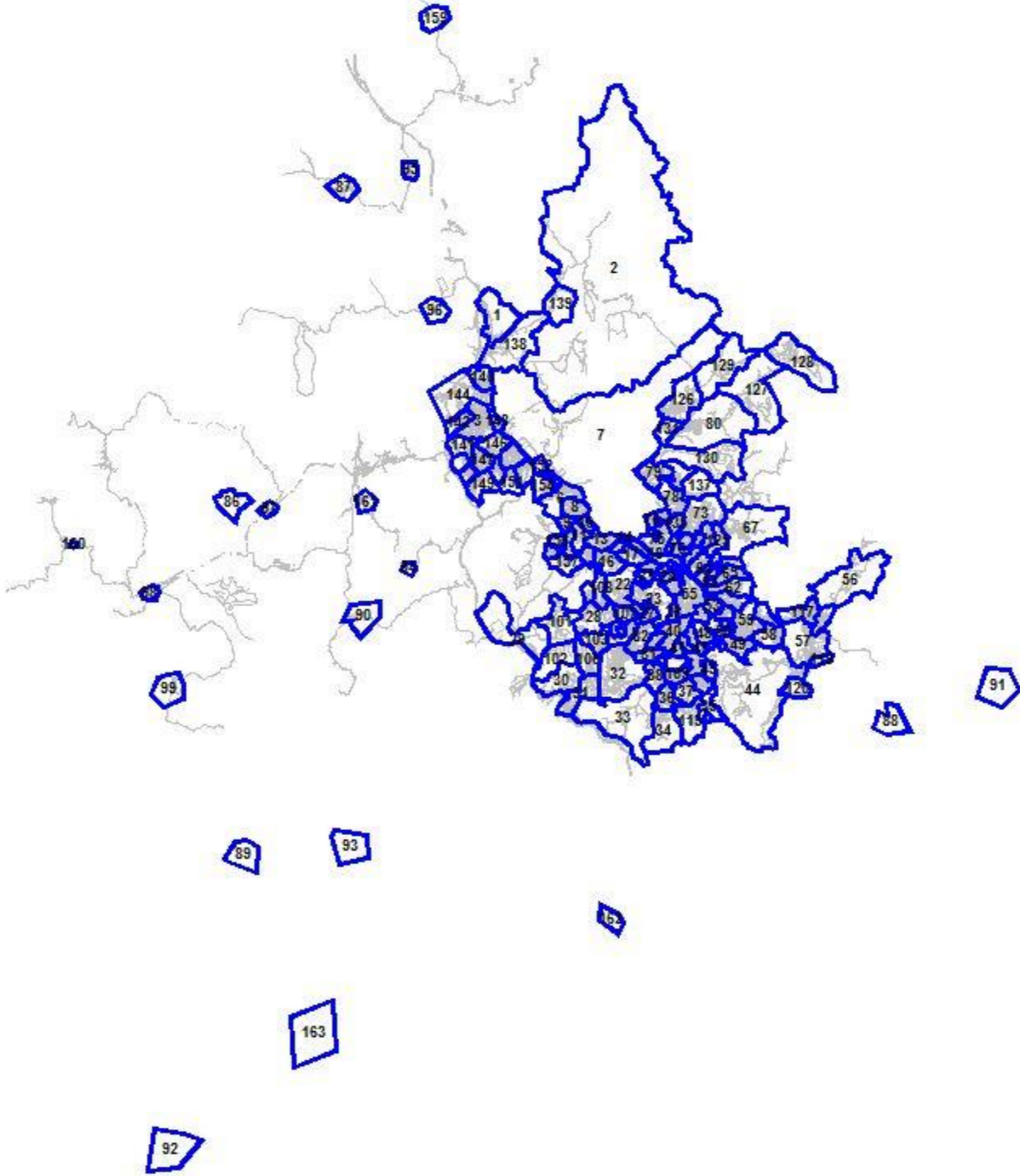
Demanda / Dia	Dia Útil	Sábado	Domingo	Mensal
Pagantes	323.972	218.847	125.487	8.504.716
Estudantes	2.823	394	0	63.684
Gratuitos	80.563	48.159	34.789	2.104.180
Total	407.358	267.400	160.276	10.672.580

2.2 – Zoneamento do Município de Juiz de Fora

Zonas de Tráfego			
Nº	Nome da Zona	Nº	Nome da Zona
1	Barreira do Triunfo	78	Vale dos Bandeirantes
2	Represa	79	Granjas Bethânia
3	Benfica	80	Gramma
4	Santa Cruz	81	Cascatinha
5	Nova Era	82	Universidade UFJF
6	Barbosa Lage	86	Rosário de Minas
7	Remonta	87	Chapéu D'uvas
8	Jóquei Clube	88	Sarandira
9	Jardim Natal	89	Torreões
10	Industrial	90	Igrejinha
11	Francisco Bernardino	91	Caeté
12	Carlos Chagas	92	Monte Verde
13	Cerâmica	94	Humaitá
14	São Dimas	95	Paula Lima
15	Esplanada	96	Dias Tavares
16	Monte Castelo	97	Penido
17	fábrica	98	Valadares
18	Mariano Procópio	99	Toledos
19	Morro da Glória	100	Marilândia
20	Santa Catarina	101	Recanto dos Bruggres
21	Vale do Ipê	102	Vina Delmar
22	Borboleta	103	Juiz de Fora
23	Morro do Imperador	104	Caiçaras
24	Jardim Glória	105	Jardim Universitário
25	Jardim Santa Helena	106	Casa Blanca
26	Jardim Paineiras	107	Adolfo Verique
27	Nossa Senhora de Fátima	108	Nova Germânia
28	São Pedro	109	Bela Aurora
29	Cruzeiro do Sto Antônio	110	Estrela do Sul
30	Nova Califórnia	111	Laranjeiras
31	Novo Horizonte	113	Previdenciários
32	Aeroporto	114	Guaruá
33	Salvaterra	115	Santa Tereza
34	Sagrado Coração	116	Parque Serra verde
35	São Geraldo	117	Terras Altas
36	Santa Efigênia	118	Jardim Esperança

Zonas de Tráfego			
Nº	Nome da Zona	Nº	Nome da Zona
37	Ipiranga	120	Granjas Bethel
38	Teixeiras	121	Tupã
39	Dom Bosco	123	Santa Candida
40	São Mateus	124	Vila Alpina
41	Santa Cecília	125	Bom Jardim
42	Santa Luzia	126	Parque Independencia
43	Bomba de Fogo	127	Granjas Triunfo
44	Graminha	128	Filgueiras
45	Mundo Novo	129	Granjas Guarujá
46	Alto dos Passos	130	Recanto dos Lagos
47	Boa Vista	131	São Conrado
48	Bom Pastor	132	Jardim de Alá
49	Vila Ideal	133	Democrata
50	Olavo Costa	134	Nossa Senhora das Graças
51	Furtado de Menezes	135	Quintas da Avenida
52	Ozanan	136	Parque Guarani
53	Poço Rico	137	Vivendas da Serra
54	Granbery	139	Náutico
55	Centro	140	Ponte Preta
56	Floresta	141	Nova Benfica
57	Barão do Retiro	142	Vila Esperança
58	Santo Antônio	143	Araújo
59	Lourdes	144	Distrito Industrial
60	Costa Cravalho	145	São Damião
61	Bota Náguas	146	São Francisco de Paula
62	São Bernardo	147	São Judas Tadeu
63	Cesário Alvim	148	Alfeneiros
64	Vitorino Braga	150	Santa Lúcia
65	São Benedito	152	Santa Amélia
66	Grajaú	154	Cidade do Sol
67	Linhares	155	Milho Branco
68	Santa Rita	156	Fontes Ville
69	N. Senhora Aparecida	157	Amazônia
70	Manoel Honório	158	Encosta do Sol
71	Bonfim	159	Varginha
72	Bairú	160	Palmital
73	Progresso	161	Paço Del Rei
74	Centenário	162	Santa Córdula
75	Santa Terezinha	163	Lagoa
76	Eldorado	164	Pedra Bonita
77	Jardim Bom Clima		

Município de Juiz de Fora / MG
Zonas de Tráfego



2.3 – Matriz Origem / Destino – 24 horas

A matriz origem/destino contempla todos os deslocamentos realizados no decorrer de um dia útil, inclusive os relativos a estudantes e gratuitos.

A seguir é apresentada uma tabela contendo o total de deslocamentos das matrizes por faixas horárias para os períodos do dia (picos e entre-picos) e da matriz de 24 horas.

Faixa Horária	Período	Deslocamentos
03:00 às 05:59	Entre-pico	15.313
06:00 às 07:59	Pico da Manhã	67.482
08:00 às 11:59	Entre-pico	74.442
12:00 às 13:59	Pico do Almoço	48.572
14:00 às 16:59	Entre-pico	63.750
17:00 às 18:59	Pico da Tarde	62.782
19:00 às 24:59	Entre-pico	63.335
24 Horas		395.676

As matrizes de deslocamento acumulado são expostas a seguir.

