



SISTEMA FERROVIÁRIO E A PROMOÇÃO DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL:  
UMA ANÁLISE DA INCLUSÃO ESPACIAL DAS FAVELAS

Gustavo Teixeira de Andrade

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Licínio da Silva Portugal

Rio de Janeiro

Julho de 2015

SISTEMA FERROVIÁRIO E A PROMOÇÃO DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL:  
UMA ANÁLISE DA INCLUSÃO ESPACIAL DAS FAVELAS

Gustavo Teixeira de Andrade

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

---

Prof. Licínio da Silva Portugal, D. Sc.

---

Prof. Raul de Bonis Almeida Simões, D. Sc.

---

Prof. Aline Guimarães Monteiro, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JULHO DE 2015

Andrade, Gustavo Teixeira de

Sistema Ferroviário e a Promoção da Mobilidade Sustentável: Uma Análise da Inclusão Espacial das Favelas / Gustavo Teixeira de Andrade. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2015.

XIII, 145 p.: il.; 29,7cm.

Orientador: Licínio da Silva Portugal

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2015.

Referências Bibliográficas: p. 127 - 137

1. Mobilidade Sustentável. 2. Sistema Ferroviário  
3. Inclusão Espacial 4. Desenvolvimento Integrado I.  
Portugal, Licínio da Silva. II. Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, COPPE/Programa de Engenharia de Transportes. III.  
Título.

## AGRADECIMENTOS

A Jano, que se fez tão presente;

aos meus pais Gualter e Graça e a minha madrinha Lucia pela educação e formação;

ao meu orientador Licinio que, com a sua paciência e dedicação ao magistério, muito contribuiu para a concretização do trabalho;

aos meus amigos, em especial Guilherme, Mari, Beto, Henrique, Andreza e Pati pelos conselhos, encorajamento e apoio; e

aos professores Raul e Aline que gentilmente aceitaram participar da banca.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

SISTEMA FERROVIÁRIO E A PROMOÇÃO DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL:  
UMA ANÁLISE DA INCLUSÃO ESPACIAL DAS FAVELAS

Gustavo Teixeira de Andrade

Julho/2015

Orientador: Licínio da Silva Portugal

Programa: Engenharia de Transportes

Para que haja uma mobilidade sustentável, o sistema de transporte e o uso do solo devem ser integrados, promovendo qualidade de vida e o exercício pleno da cidadania para toda população. Por particularidades nos sistemas de transporte e uso do solo, as favelas podem apresentar baixa acessibilidade, mesmo quando próximas a estações ferroviárias, que se caracterizam por oferecer alta capacidade, estruturar o desenvolvimento e organizar os demais modos de transportes. O modelo Nó-Lugar avalia o equilíbrio entre os recursos coletivos de transporte e a diversidade e intensidade das atividades adjacentes a estações. Apesar de ser uma importante ferramenta no processo de renovação e revitalização do espaço urbano, não contempla, de forma explícita, questões de imobilidade e presença de favelas. Com base no modelo Nó-Lugar e uma aplicação no corredor ferroviário de Santa Cruz, localizado no Rio de Janeiro, nessa dissertação foi desenvolvido um procedimento de classificação de estações ferroviárias quanto a capacidade de gerarem ambientes sustentáveis, considerando as taxas de imobilidade, proximidade com favelas e baixa disponibilidade de dados, presente em alguns países em desenvolvimento. Complementarmente foram identificadas as variáveis que influenciam na geração de viagens ferroviárias no Brasil. Os resultados mostraram que, na área de estudo, o trem não contribui para a promoção de ambientes sustentáveis, apesar de parte das estações terem sido classificadas como equilibradas. Embora tenham contingente populacional, as favelas não se caracterizam como Polos Geradores de Viagens (PGVs) e podem estar excluídas espacialmente, principalmente se localizadas na periferia do ramal, que apresenta menor mobilidade.

Abstract of Dissertation presented to COPPE / UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

RAIL SYSTEM AND THE PROMOTION OF SUSTAINABLE MOBILITY: AN  
ANALYSIS OF THE SLUMS INCLUSION IN THE CITY SPACE

Gustavo Teixeira de Andrade  
July/2015

Advisor: Licinio da Silva Portugal

Department: Transport Engineering

In order to create sustainable mobility, the transportation system must be integrated with land use, promoting quality of life and citizenship for the whole population. As a result of peculiarities in the transportation system and land use, slums may have weak accessibility despite their possible proximity to rail stations, which have the ability to offer high capacity, structure development and organize other modes of transportation. The Node-Place model analyzes the balance between the supply of collective access and the intensity and diversity of activities surrounding the station. Despite being an important tool in the process of urban renewal and revitalization, it doesn't explicitly contemplate immobility rates and the presence of slums. Based on the Node-Place model and an application in the Santa Cruz branch line, Rio de Janeiro city, located in the city of Rio de Janeiro, this dissertation developed a procedure to classify railway stations regarding their ability to generate sustainable environments considering immobility rates, the proximity with slums and the low availability of data in some developing countries. In addition, it identified variables that influence rail ridership in Brazil. The results showed that, in the branch line studied, the train doesn't contribute to the promotion of sustainable environments, although some of the stations have been classified as balanced. Even though they have high population, slums are not characterized as Trip Generating Centers (TGCs) and could be spatially excluded, especially if located on the suburb of the branch line, which has lower mobility.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO.....	4
1.2. JUSTIFICATIVA.....	5
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	7
<b>2. IMOBILIDADE E EXCLUSÃO ESPACIAL.....</b>	<b>10</b>
2.1. Renda e exclusão espacial: o caso das favelas.....	10
2.2. Potencialidades do transporte coletivo em promover a inclusão Social.....	14
2.3. Considerações Finais.....	16
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA FERROVIÁRIO.....</b>	<b>19</b>
3.1. Produtividade social, energética e ambiental.....	19
3.2. Estruturador do desenvolvimento.....	24
3.3. Considerações Finais.....	27
<b>4. FATORES E VARIÁVEIS INTERVENIENTES NA MOBILIDADE FERROVIÁRIA.....</b>	<b>28</b>
4.1. Características locais e suas influências na mobilidade.....	29
4.2. Caracterização dos fatores.....	30
4.3. Caracterização das variáveis.....	33
4.4. Fatores e variáveis relevantes no caso brasileiro.....	51
4.5. Considerações Finais.....	54
<b>5. CLASSIFICAÇÃO DE ESTAÇÕES FERROVIÁRIAS: MODELO NÓ-LUGAR.....</b>	<b>57</b>
5.1 Caracterização do Modelo.....	57
5.2 Reproduções.....	60
5.3 Considerações Finais.....	66
<b>6. METODOLOGIA.....</b>	<b>68</b>
6.1. Concepção da proposta.....	68
6.2. Etapas.....	69
6.2.1. Caracterização do corredor.....	72
6.2.2. Análise da presença de favelas.....	74
6.2.3. Identificação dos fatores e variáveis que influenciam na mobilidade local.....	76
6.2.4. Classificação das estações.....	77
6.2.5. Análise dos resultados.....	82
6.2.6. Síntese da análise e recomendações.....	84
6.3. Considerações finais.....	85
<b>7. APLICAÇÃO NO CORREDOR DE SANTA CRUZ, RIO DE JANEIRO.....</b>	<b>87</b>
7.1. Caracterização do corredor Santa Cruz e sua área de influência.....	87
7.2. Análise da presença das favelas.....	94

7.3. Fatores e variáveis que influenciam na mobilidade no entorno do corredor de Santa Cruz.....	101
7.4. Classificação das estações.....	104
7.4.1 Quanto à capacidade de gerarem ambientes sustentáveis.....	104
7.4.2 Em função dos níveis de (i)mobilidade ferroviária e motorizada ....	108
7.5. Análise dos resultados.....	111
7.6. Síntese da análise e recomendações.....	118
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>123</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>127</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>145</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1: Modelo Nó-lugar.....	59
Figura 6.1: Estrutura esquemática da metodologia proposta.....	71
Figura 6.2: Classificação das estações em função dos níveis de (i)mobilidade e subutilização da estação.....	81
Figura 7.1: Sistema ferroviário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.....	88
Figura 7.2: Intervalo médio dos trens das 0h as 08h no corredor de Santa Cruz...	92
Figura 7.3: Presença de favelas no entorno das estações do corredor de Santa Cruz de Campo Grande ao Cosmos.....	97
Figura 7.4: Presença de favelas no entorno das estações do corredor de Santa Cruz de Senador Camará à Augustos Vasconcelos.....	98
Figura 7.5: Presença de favelas no entorno das estações do corredor de Santa Cruz da Central à Mangueira.....	98
Figura 7.6: Presença de favelas no entorno das estações do corredor de Santa Cruz de Oswaldo Cruz à Vila Militar.....	99
Figura 7.7: Modelo Nó X Lugar. Oferta de trens nas estações do corredor de Santa Cruz X densidade populacional e empregos totais dos bairro.....	105
Figura 7.8: Modelo Nó X Lugar (tempo de viagem / acessibilidade X densidade populacional e de empregos).....	106
Figura 7.9 - Análise da mobilidade nas estações e bairros do corredor Santa Cruz.....	110

## LISTA DE TABELAS

Tabela 7.1: Área total das favelas em m <sup>2</sup> na área de influência direta da estação (raio de 800m).....	100
Tabela 7.2: Correlação entre as variáveis explicativas e as viagens ferroviárias..	103
Tabela 7.3: Correlação entre as variáveis dos fatores Uso do Solo e Socioeconômico com as viagens motorizada.....	104

## LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1: Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Ambiente Urbano segundo a bibliografia (1996 – 2010).....	35
Quadro 4.2: Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Ambiente Urbano segundo a bibliografia (2011 – 2014).....	36
Quadro 4.3: Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Uso do Solo segundo a bibliografia (1996 – 2010).....	38
Quadro 4.4: Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Uso do Solo segundo a bibliografia (2011 - 2015).....	39
Quadro 4.5: Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Socioeconômico segundo a bibliografia (2003 – 2008).....	42
Quadro 4.6: Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Socioeconômico segundo a bibliografia (2011 – 2015).....	43
Quadro 4.7: Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Transporte segundo a bibliografia (1996 – 2010).....	45
Quadro 4.8: Variáveis de influencia na mobilidade ferroviária do fator Transporte segundo a bibliografia (2011 – 2015).....	46
Quadro 4.9: Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Sistema Ferroviário segundo a bibliografia (1996 – 2010).....	49
Quadro 4.10: Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Sistema Ferroviário segundo a bibliografia (2011 – 2015).....	50
Quadro 5.1 – Variáveis dos índices Nó e Lugar.....	63
Quadro 7.1: Classificação das estações quanto ao equilíbrio entre o Nó e o Lugar.....	107
Quadro 7.2: Taxas de mobilidade das estações e dos bairros do corredor de Santa Cruz.....	109
Quadro 7.3: Classes das estações quanto o equilíbrio entre o Nó e o Lugar, (i)mobilidade e porte de favelas.....	116
Quadro 7.4 - Síntese dos resultados.....	120

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 5.1: Tempo de Viagem.....	64
Equação 6.1:Taxa de mobilidade ferroviária.....	80
Equação 6.2: Taxa de mobilidade motorizada.....	80

## LISTA DE SIGLAS

AI- Área de influência

BRT - Bus Rapid Transits

DRM - Direct ridership models

EPA - Environment Protection Agency

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IDS- índice de Desenvolvimento Social

IPP - Instituto Pereira Passos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MCA - Multicriteria Analysis

ONU- Organização das Nações Unidas

PGV - Polo Gerador de Viagens

PMUS - Plano de Mobilidade Urbana Sustentável

TEP - Toneladas Equivalentes de Petróleo

TP - Transporte Público

TOD – Transit - Oriented Development (Desenvolvimento Orientado ao Transporte Público)

## 1. INTRODUÇÃO

Incentivar a sustentabilidade nos espaços urbanos é um dos grandes desafios dos governos e planejadores. Cidades sustentáveis devem ser compactas, apresentar um uso do solo misto e priorizar modos de transporte menos agressivos ambientalmente, que garantam uma inclusão social, menor dependência de combustíveis de fontes não renováveis e reduções das emissões de poluentes, tais como partículas, gases e ruídos (CURTIS, 2008; MACHADO, 2010; LEE, 2013; PÁEZ *et al.*, 2014; PICORNELL *et al.*, 2014).

Um sistema de transporte eficiente permite que as necessidades por serviços básicos de indivíduos, empresas e sociedades sejam acessíveis de forma segura e saudável. Para tal, esse deve suportar uma economia competitiva e um desenvolvimento regional equilibrado (IDAE, 2006).

Como muitos governos focaram durante décadas em facilitar as viagens de automóveis, paradoxalmente reduzindo a mobilidade, o transporte é uma área de difícil implementação de políticas sustentáveis (MCCA HILL *et al.*, 2015).

A mobilidade pode ser estimada pela facilidade de circulação e pelo potencial para o movimento, diferente da acessibilidade que é a facilidade de atingir locais onde exista a possibilidade de significativas oportunidades (PROFFITT *et al.*, 2015). Estritamente afetada pela acessibilidade e políticas de transporte, a mobilidade também é consequência de questões pessoais, tais como a renda, posse de automóvel e idade (WALTERS e CERVERO, 2003; GUTIÉRREZ *et al.*, 2011; HSU *et al.*, 2015). Assim, a mobilidade pode ser expressa pelas taxas de geração de viagens, na medida em que essas mensuram a potencialidade de movimento proporcionadas pela acessibilidade e pelas características sociais.

Segundo Cervero (2011), a mobilidade é uma necessidade humana básica, assim como o saneamento e a segurança. Para que haja uma mobilidade sustentável, deve-se articular o sistema de transporte com o uso do solo, aumentando a capacidade de

adaptação e elasticidade desses e ponderando as limitações e as possibilidades de mudanças determinadas pelas especificidades e histórico local (BERTOLINI, 2005).

Desde a publicação do relatório da Comissão Brundtland em 1987, há vários conceitos voltados para incentivar a sustentabilidade em cidades, no qual mudanças nos padrões de viagens, incluindo a escolha do modal, exercem importante papel nas cidades (MCCA HILL *et al.*, 2015).

Dentre os conceitos propostos que visam o surgimento de cidades sustentáveis por meio de uma integração entre sistemas de transporte e uso do solo, destaca-se o TOD (*Transit-Oriented Development*), aplicado em cidades de países desenvolvidos, principalmente nos Estados Unidos. O TOD estimula a construção de espaços com um uso do solo diversificado, alta densidade, propícios a caminhada e localizados a uma curta distância de uma estação de transporte público de alta capacidade que liga os moradores locais ao resto da cidade e metrópole, incentivando, dessa forma, a geração de viagens não motorizadas e o uso do transporte público (CERVERO, 2007; CURTIS *et al.* 2009; CHEN e NAYLOR, 2013; NASRI e ZHANG, 2013; EUROPEAN COMMISSION, 2014; SINGH *et al.*, 2015).

A alta densidade incentivada pelo TOD estimula viagens não motorizadas na medida em que reduz distância entre origens e destinos; oferece uma ampla variedade de opções para as viagens pendulares e uma melhor qualidade de serviços de transporte público; além de desencadear mudanças no padrão global de viagens (SALAS, 2015).

Por ser um conceito que exige a integração de modos de transporte sustentáveis com o uso do solo, criando dessa forma designs urbanos com particularidades no ambiente construído, sua aplicação é de interesse para diferentes setores preocupados com o desenvolvimento urbano, social e ambiental (DIRGAHAYANI *et al.*, 2015).

Para a aplicação do TOD ou de outros conceitos e designs urbanos que visem uma mobilidade sustentável, são recomendadas avaliações das estações existentes de transporte de alta capacidade e do seu entorno, identificando as carências e os recursos que podem ser melhores aproveitados (ITDP, 2014). Dentre os transportes de alta capacidade, destaca-se o ferroviário, na medida em que apresenta facilidades para a integração modal e para estruturar o desenvolvimento urbano, considerando as suas estações como polos de articulação com o uso do solo adjacente. Assim, podem

contribuir para a revitalização de cidades e metrópoles; e para o aumento da qualidade de vida por meio da redução do tempo de viagens (BRUINSMA, 2008; GONÇALVES *et al.*, 2012a; ANDRADE *et al.*, 2014; GONÇALVES *et al.*, 2014a).

As taxas de embarque e desembarque ferroviário expressam não apenas o nível de mobilidade na área de influencia das estações, mas também, ao apresentarem baixo valor, podem indicar uma medida da exclusão social das comunidades vizinhas quando esse fato está aliado a outros, tais como um uso do solo pouco diversificado, que impõem a realização de viagens motorizadas e baixa mobilidade por demais modos motorizados, seja pela baixa oferta de outros modos de transporte público ou pelas baixas taxas de motorização (posse de veículo motorizado individual) (ANDRADE, *et al.*, 2014).

Além dos problemas sociais referentes à exclusão, a baixa geração de viagens por trem também pode representar um desperdício da oferta de transporte desse modal, que se caracteriza por ser de alta capacidade, envolvendo altos custos de investimentos e operacionais, e pressupondo que atenda grandes contingentes de demanda para permitir a sua viabilidade financeira.

Nesse sentido, vêm sendo investigados os fatores que interferem na mobilidade ferroviária, no intuito de criar planos que incentivem um melhor aproveitamento da infraestrutura de transportes; aumentem a integração entre esses e o uso do solo; assim como a mobilidade das populações suburbanas (WALTERS e CERVERO, 2003; DURNING e TOWNSEND, 2015 e HSU *et al.*, 2015).

Dentre esses fatores, destacam-se os relacionados com a oferta de transportes (Nó) e com a demanda de viagens, derivada da intensidade e diversidade das atividades adjacentes as estações (Lugar)(KUBY *et al.*, 2004; SOHN e SHIM; 2010; DUDUTA, 2013).

Os critérios Nó e Lugar foram utilizados em estudos da bibliografia consultada que demonstram preocupação em desenvolver procedimentos para classificar estações em relação à capacidade dessas integrarem o uso do solo com os transportes, e naturalmente gerarem ambientes sustentáveis (BERTOLINI, 1999; HYNYNEN, 2005; BERTOLINI, 2008; PAPA *et al.*, 2008, REUSSER *et al.*, 2008; SILVA, 2013).

O modelo Nó-Lugar proposto inicialmente por Bertolini (1999) avalia o equilíbrio entre o Nó, ou seja, recursos de transporte disponibilizados, tal como a oferta ferroviária e o acesso a estações; e o Lugar, que é a diversidade e a intensidade das atividades adjacentes a estações, que influenciam na demanda de viagens. Quando existe esse equilíbrio pressupõe-se que há uma utilização adequada dos recursos públicos fornecidos, o que favorece o desenvolvimento.

Ao mesmo tempo em que a estação ferroviária é um Nó por ser um ponto de acesso ao trem e a outros modos de transportes que ali realizam integração, é também um Lugar, na medida em que muitas atividades são efetuadas no seu interior, envolvendo usualmente vários tipos de uso do solo (BERTOLINI e SPIT, 2007).

O modelo Nó-Lugar se apresenta como uma importante ferramenta no processo de renovação e revitalização do espaço urbano, a partir da identificação de onde há potencialidade de desenvolvimento e mudanças do uso do solo e da oferta de transportes. No entanto, não contempla, de forma explícita, questões de imobilidade e presença de favelas, existentes principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil.

A imobilidade é uma das múltiplas dimensões que interferem na exclusão social (SANTOS *et al.*, 2010). Nas favelas pode haver uma concentração de indivíduos com restrições de mobilidade, na medida em que nesses locais há uma segregação espacial refletida pela falta de acesso a serviços, e ao solo urbano mais organizado e administrado pelo poder público, além de ter população normalmente de baixa renda.

## **1.1. Objetivo**

Com base no modelo Nó-Lugar de Bertolini (1999), o objetivo deste trabalho é desenvolver um procedimento de classificação de estações ferroviárias quanto a capacidade de gerarem ambientes sustentáveis, assumindo que eles ocorrem em condições de equilíbrio entre a oferta de transporte e a demanda de viagens (intensidade e diversidade das atividades). Nesse processo consideram-se as especificidades de países em desenvolvimento, tais como: as taxas de imobilidade e a presença de favelas.

Complementarmente pretende-se, levando em consideração a baixa disponibilidade de dados, identificar as variáveis que influenciam na geração de viagens ferroviárias no Brasil e melhor podem ser aplicadas no modelo Nó-Lugar; aplicando o procedimento proposto no corredor de Santa Cruz, Rio de Janeiro, que percorre locais com diferentes características socioeconômicas e níveis de planejamento (bairros formais e favelas), que pode influenciar na mobilidade da população residente e nas estratégias de promoção da sustentabilidade.

## **1.2. Justificativa**

O transporte público de alta capacidade oferece soluções para melhorar a mobilidade urbana tanto nos países desenvolvidos quanto nos em desenvolvimento, apesar dos sistemas de transportes possuírem diferentes experiências em promover a mobilidade sustentável de acordo com o grau de desenvolvimento (UN-HABITAT, 2013).

Na América do Norte e na Europa Ocidental, o número anual de passageiros no transporte público tem aumentado desde os anos de 1960 e nas grandes cidades e metrópoles, o modo metroferroviário tem dado grande contribuição para esse acréscimo (UN-HABITAT, 2013).

Já no Brasil, o investimento em infraestrutura de transporte de alta capacidade não acompanhou o crescimento das cidades. Nas décadas de 80 e 90, a crise fiscal brasileira fez com que reduzissem esses investimentos, tendo como consequência pouca expansão dos sistemas metroviários e degradação de parte das ferrovias.

Apesar de aproximadamente 85% da população viverem em áreas urbanas, no qual desses mais de 60% em regiões metropolitanas (IBGE, 2010), nem sempre as potencialidades do modo ferroviário são aproveitadas de forma eficiente, havendo uma subutilização da infraestrutura já existente em algumas metrópoles (PORTUGAL et al, 2010). Atualmente, menos de 7% das viagens motorizadas do país são realizadas sobre trilhos (ANTP, 2014).

Essa subutilização caracteriza desperdício de recursos, o que gera uma preocupação em resgatar e valorizar o sistema ferroviário, na medida em que, em muitas dessas metrópoles, esse foi indutor de desenvolvimento (GONÇALVES *et al.*, 2012a).

Dentre outros, contribuem para esse desperdício da infraestrutura a baixa capacidade ferroviária e restrições de acesso ofertado, juntamente com aspectos socioeconômicos, tais como a incompatibilidade da renda com as tarifas de transporte.

Observou-se que, após escolha do Brasil como sede da Copa do Mundo de 2014 e dos Jogos Olímpicos de 2016, as cidades brasileiras voltaram a receber investimentos nos sistemas de transporte, com auxílio dos Programas de Aceleração do Crescimento (PAC) da Mobilidade. A perspectiva para o período 2015-2018 é da ordem de R\$ 50 bilhões de investimentos no setor de mobilidade urbana (SANTOS, *et al.*, 2015).

Atualmente, a cidade do Rio de Janeiro, que será sede das Olimpíadas, passa por modificações no sistema ferroviário, no qual se pretende praticamente duplicar a capacidade da rede (SANTOS, *et al.*, 2015), tornando a cidade mais acessível e a mobilidade mais sustentável.

Os transportes sobre trilhos, quando comparado com os rodoviários, consomem menos combustíveis fósseis e emitem menos poluentes atmosféricos que podem contribuir para o agravamento do efeito estufa, a acidificação de precipitações e os problemas respiratórios (BINGLEI e CHUAN, 2013 e ZHANG e WANG, 2015). A diminuição no congestionamento proporcionada por esses também tem um importante papel no aumento da qualidade de vida e ambiental (NELSON *et al.*, 2015).

A classificação de estações de acordo com suas capacidades de promoverem ambientes sustentáveis, por meio do equilíbrio entre a oferta e a demanda, pode orientar um planejamento do uso do solo de forma articulada com os padrões de acessibilidade, garantindo os benefícios sociais derivados de melhorias nos transportes (GONÇALVES, 2014a).

Nesse contexto, é importante incluir na análise dos modelos de classificação aplicados em países em desenvolvimento e/ou que apresentem grandes desigualdades sociais, as taxas de imobilidade e a presença de comunidades carentes com acessibilidade restrita, possibilitando a elaboração de estratégias que possam contribuir

para a geração de viagens em patamares compatíveis com o esperado para o sistema sobre trilhos, ao mesmo tempo em que promove a inclusão espacial dos mais carentes.

Nos recentes investimentos no sistema ferroviário da cidade, já incluem medidas para a inclusão dos moradores das favelas ao sistema ferroviário por meio da implantação de sistemas adaptados a esses ambientes (KOCH *et al.*, 2013; GONÇALVES, *et al.* 2014b), na medida em que a exclusão espacial é consequência da inacessibilidade de um indivíduo ou grupo de indivíduos, em participar da vida social e política de uma comunidade.

Há impactos na dimensão material e também na imaterial, com redução da qualidade de vida, oportunidades de escolhas e cidadania reduzida (KENYON *et al.*, 2002 *apud* SANTOS *et al.*, 2010). Um indivíduo excluído espacialmente pode ter acesso limitado a serviços básicos, tais como educação e saúde, além de oportunidades de emprego, havendo, dessa forma, uma reprodução da pobreza.

Moradores de favelas podem apresentar uma maior propensão à exclusão espacial. Esses ambientes, em geral, apresentam baixa acessibilidade devido à sua topografia, em muitos casos acentuada; e a presença de ruas estreitas e escadas, que dificultam o ingresso de veículos, a prática de caminhada e o ciclismo.

Essa baixa acessibilidade somada aos aspectos socioeconômicos podem gerar imobilidade para os residentes. Segundo Sant`Anna (2012), nas favelas há uma maior concentração dos segmentos sociais com maiores desvantagens no acesso as oportunidades, ou seja, os mais jovens, os não brancos e os de baixa escolaridade.

Nas 6.329 favelas existentes no Brasil e que contam no total com mais de três milhões de domicílios, 30,9 % dos chefes de família ganham até um salário mínimo, enquanto nos bairros formais esse percentual cai para 14,9% (IBGE, 2010).

### **1.3. Estrutura da Dissertação**

A fim de alcançar os objetivos do presente estudo, a dissertação será dividida em oito capítulos.

Neste primeiro capítulo é explanado a problemática observada, os objetivos da dissertação, bem como os elementos que justificam o procedimento proposto e a importância da análise da imobilidade e presença de favelas.

O segundo capítulo - Imobilidade e Exclusão Social - tem o propósito de expor a questão da imobilidade dos residentes das favelas, ocasionada pela inacessibilidade desses espaços e pela baixa renda da população residente, indicando como esses fatores contribuem para a exclusão espacial que gera uma reprodução da pobreza. Nesse capítulo também serão avaliadas as potencialidades do transporte público atrelado a um planejamento urbano eficaz, que visa minimizar a exclusão social por meio da inclusão espacial.

O terceiro capítulo - Caracterização do Sistema Ferroviário - objetiva assinalar a potencialidade desse sistema de transporte em gerar cidades sustentáveis, a partir de uma análise ambiental, social e econômica, comparando com os demais modos em relação aos impactos gerados. Ainda nesse capítulo, será feita uma análise do modo ferroviário como estruturador do desenvolvimento, incluindo o seu papel na prática do TOD.

No quarto capítulo - Fatores e Variáveis Intervenientes nas Taxas de Geração de Viagens Ferroviárias - serão identificadas as variáveis que influenciam nas taxas de viagens ferroviárias, destacando as mais relevantes e as que obtiveram diferentes correlações com as variáveis dependentes, quando comparadas estações brasileiras e internacionais.

O capítulo cinco - Classificação de Estações Ferroviárias: Modelo Nó-Lugar - tem como propósito caracterizar o modelo de classificação Nó-Lugar de Bertolini (1999) e analisar as contribuições dos estudos que reproduziram o método, assim como sua aplicabilidade no Brasil. Ainda nesse capítulo, as variáveis utilizadas nos métodos serão organizadas entre Nó e Lugar e relacionadas com as variáveis do capítulo anterior.

No capítulo seis, será apresentada a metodologia da dissertação e tem como objetivo explicar os procedimentos metodológicos para classificação de estações ferroviárias, considerando especificidades de países em desenvolvimento, tais como as taxas de imobilidade, presença de favelas e, no caso do Brasil, a subutilização da infraestrutura ferroviária.

No sétimo capítulo - Aplicação no Corredor de Santa Cruz, Rio de Janeiro – a metodologia proposta para classificação de estações ferroviárias, considerando aspectos relevantes para as cidades de países em desenvolvimento, será aplicada no corredor ferroviário de Santa Cruz, localizado na cidade do Rio de Janeiro. Os resultados dos diferentes procedimentos e classificações serão confrontados entre si, avaliando as possíveis relações entre os aspectos analisados.

O oitavo e último capítulo - Conclusões - tem como objetivo explicar as contribuições e limitações do método de classificação de estações elaborado na dissertação, ressaltar os principais resultados obtidos na aplicação e sugerir novas abordagens para futuros estudos.

## **2. IMOBILIDADE E EXCLUSÃO ESPACIAL**

### **2.1. Renda e exclusão espacial: o caso das favelas**

Quanto maior a cidade, mais os seus habitantes dependem das redes de infraestrutura de transporte público qualificadas e integradas, para ter boas condições de acesso a oportunidades de trabalho, a serviços e a demais atividades, muitas vezes concentradas em áreas centrais e mais nobres.

A parcela de cidadãos marginalizados com pouco acesso a instalações e serviços essenciais continua aumentando em todo o mundo. Em muitos países pobres, o número de moradores urbanos que apresentam déficit de acesso e mobilidade reduzida se aproxima dos 80% (CERVERO, 2011).

Aqueles que não tem poder aquisitivo para residir em regiões centrais e tampouco acesso a essas por meio do transporte público ou individual, são excluídos socialmente e tendem a permanecer nessa condição. Locais menos acessíveis podem apresentar um valor do solo mais baixo, no entanto, isso é compensado por maiores despesas para se chegar a empregos, escolas e outros serviços (CERVERO, 2011).

A expansão urbana também tem grande contribuição para a segregação espacial, principalmente em cidades onde há um crescimento dos condomínios fechados (auto segregação), que acabam impondo políticas de transporte voltadas para o automóvel particular, excluindo os dependentes do transporte público.

Cidades que, juntamente a auto segregação, também se expandem a partir de um aumento dos assentamentos informais, impõem, para parte da população, uma segregação espacial ainda mais agravante, uma vez que esses espaços muitas vezes carecem de serviços públicos básicos (UN-HABITAT, 2010).

A especulação imobiliária apresenta um notório papel no processo de expansão urbana, no qual indivíduos de baixa renda que não têm acesso às terras centrais, acabam ocupando favelas e/ou os subúrbios mais distantes.

Com a ocupação dos subúrbios, aumenta-se consideravelmente a necessidade de transporte e a oferta de serviços públicos, que frequentemente não suprem a demanda adequadamente e contribui para segregar esses espaços do resto da cidade, o que faz com que a exclusão por déficits na acessibilidade seja mais grave nas periferias urbanas (GOMIDE, 2003).

Devido a longas distâncias que muitos trabalhadores de baixa remuneração têm que percorrer diariamente, o transporte é a primeira coisa que o empregador analisa antes de contratar, na medida em que parte desses custos são arcados por esse (LUCAS, 2011).

A América Latina, que tem população de maioria urbana e um dos mais altos níveis de desigualdade sociais do mundo, tem chamado a atenção da necessidade por mudanças nos padrões de desenvolvimento urbano que possibilitam a segregação espacial (CEPAL, 2007; MONKKONEN, 2010).

Segundo Milovic (2011), os 20% mais ricos da América Latina concentram 75% das riquezas e quanto maior a cidade, maior é a segregação espacial por renda.

No Brasil, o processo de urbanização intensiva teve início, sobretudo, no século XX, entretanto, o urbano não superou algumas características dos períodos colonial e imperial, marcados pela concentração de terra, renda e poder (MARICATO, 2003).

Em cidades brasileiras, marcadas pela desigualdade e privatização da esfera pública, há uma forte disputa pelos investimentos. Obras viárias, que deveriam visar o benefício da população como um todo, têm como objetivo o favorecimento de classes dominantes e empreiteiras, limitando o poder de decisão por moradia pelos mais carentes (MARICATO, 2003).

A falta de alternativas habitacionais, tanto pelo mercado privado quanto pelas políticas públicas sociais, faz com que indivíduos de baixa renda e excluídos do acesso formal à habitação, residam em favelas centrais ou próximas às estações de transporte público, na tentativa de aumentar o acesso a serviços e oportunidades de emprego e, portanto, romper com as restrições de mobilidade e consequente reprodução da pobreza (GOMIDE, 2003).

Aproximadamente 6% do total da população brasileira, ou seja, mais de 11,4 milhões de pessoas moravam em favelas no ano de 2010. Na cidade do Rio de Janeiro, esse percentual era de 22% (IBGE, 2010).

O surgimento das favelas no Brasil se intensificou na medida em que o processo de industrialização avançava com a migração de populações do campo, em direção às cidades, motivadas pela imagem idealizada do urbano próspero e com melhores oportunidades de emprego.

Apesar da população favelada, em geral, apresentar uma dependência do transporte público e as favelas cariocas terem alta densidade (IPP, 2013), podendo se constituírem como Polos Geradores de Viagens (PGVs), há um desperdício da infraestrutura ferroviária já instalada na cidade do Rio de Janeiro, em virtude das baixas taxas de viagens (GONÇALVES *et al.*, 2012a), mesmo em estações com presença de favelas no entorno.

Cervero e Radisch (1996) defendem que moradores de bairros compactos de uso do solo misto são três vezes mais propensos à prática de caminhada do que aqueles que vivem em bairros espaçosos planejados para automóveis, evidenciando o desperdício da potencialidade da densidade das favelas para o uso do transporte de alta capacidade, a partir de melhorias no ambiente construído e uso do solo.

Por serem ocupadas inicialmente de forma irregular, as favelas são carentes em infraestrutura e não recebem orientação de engenheiros ou arquitetos, sendo caracterizadas pela ausência de planejamento urbano e de transporte (MARICATO, 2003 e SCHWENK e CRUZ, 2005).

Muitas dessas, apesar da proximidade geográfica com os ramais ferroviários, podem estar desconectadas do sistema de transportes devido suas particularidades na morfologia urbana.

No século passado a política pública para as favelas era a da remoção e construção de bairros proletários. Atualmente há um processo de reconhecimento e integração, com ênfase nos projetos de infraestrutura (MARICATO, 2003).

Quando não há uma rede de transportes baseada em modos de maior capacidade, como o trem, que integra e cobre o território de forma equitativa, pode ser gerado imobilidade, principalmente para as populações mais pobres (PORTUGAL *et al.*, 2010).

Na tentativa de melhorar a mobilidade e, por consequência, estender a cidadania e os direitos sociais aos moradores das favelas, na cidade do Rio de Janeiro está sendo posto em prática o programa “Morar Carioca”, que tenta promover a integração urbana e social das favelas, a partir de conexões entre as cidades formal e informal. Uma das ações desse programa são investimentos nos transportes, incluindo facilidades de acessibilidade a estações de trem por meio de transportes motorizados de menor capacidade e construção de ambientes mais propícios para o acesso a pé (KOCH *et al.*, 2013).

Facilidades em acessar as estações ferroviárias por transportes não motorizados, além de aumentar as viagens geradas por esse modo (GEHL e GEMZOE, 2003), na medida em que aumentam consideravelmente a área de cobertura das estações (ITDP, 2014), podem também melhorar a qualidade ambiental, tornar as ruas mais ativas e favorecer o renascimento urbano (GEHL e GEMZOE, 2003).

No entanto, apesar da caminhada ser uma maneira agradável e produtiva de se locomover, além de caracterizar-se como o modo mais natural, acessível e saudável, esses benefícios só se apresentam quando é em curta distância e as ruas são habitadas, seguras (incluindo a inclusão dos deficientes físicos), ofereçam serviços, recursos e conforto (sombra e abrigo) aos pedestres (ITDP, 2014).

O deslocamento a pé no interior da favela muitas vezes ultrapassa os limites aceitáveis de 30 minutos (SCOVINO, 2008), o que torna fundamental o investimento em outras modalidades de acesso que conectem os moradores as estações de trem, gerando maior receita para a empresa operadora e uma melhor inclusão socioespacial dos residentes.

Transportes motorizados tais como elevadores, planos inclinados e teleféricos, que já vêm sendo implantados em algumas favelas cariocas, podem ser inseridos nos planos urbanos e de transporte, que priorizem uma melhor mobilidade em favelas, já que apresentam tecnologia limpa e são adaptáveis a terrenos íngremes.

## **2.2. Potencialidades do transporte coletivo em promover a inclusão social**

Para que o transporte urbano seja socialmente sustentável, os benefícios da mobilidade devem ser distribuídos equitativamente. A mobilidade sustentável, no contexto social, pode ser observada quando há políticas sobre o uso e ocupação do solo e uma gestão dos transportes que visa proporcionar acesso aos bens, serviços e oferta de emprego de uma forma eficiente para todos os habitantes, permitindo que esses participem ativamente na sociedade (CAMPOS, 2006; IDEA, 2006; UN-HABITAT, 2013).

O transporte coletivo pode melhorar a acessibilidade em diferentes regiões e afetar significativamente o uso do solo (BINGLE e CHUAN, 2013), auxiliando na criação de alguns padrões do uso, tais como grandes centros comerciais e atrações turísticas (LITMAN, 2015).

Mesmo no país mais dependente de carros do mundo, os Estados Unidos, mais de um terço da população é dependente do transporte coletivo (CERVERO, 2011). Contudo, mesmo as pessoas que não utilizam o transporte público também podem se beneficiar dos padrões do uso do solo estabelecidos por esse (LITMAN, 2015).

No entanto, nem todos os espaços têm oferta adequada de transporte público, devido, em parte, pelo crescimento desordenado das cidades que produzem reflexos negativos sobre os transportes urbanos e inacessibilidade para os seus dependentes (GOMIDE, 2003).

Para assegurar acessibilidade entre as diferentes zonas e atividades da metrópole, principalmente desde a década de 1960, vem sendo sugerido uma melhor integração entre o sistema de transportes com o uso do solo (CURTIS, 2008).

Essa integração pode ser compreendida como uma resultante das relações de acessibilidade entre as diversas funções urbanas e atividades humanas realizadas, no qual há um planejamento para decidir a locação das atividades, assim como identificar os melhores investimentos, que garantam acessibilidade a essas por meio do transporte mais eficiente (IMT, 2011).

Políticas de investimentos que não têm foco na integração do transporte coletivo com o uso do solo contribuem para o aumento de veículos particulares nas ruas, ocasionando congestionamentos com consequências negativas na mobilidade.

Com a ocupação das vias acima da capacidade, há uma pressão para políticas de alargamento das ruas, que, paradoxalmente, dificultam a circulação de pessoas, na medida em que é um estímulo a uma maior utilização do transporte individual (IBAM, 2005).

O transporte coletivo também se destaca na integração com o uso do solo por aumentar a mobilidade dos mais pobres, que não possuem veículo particular e residem em locais sem acesso a serviços oferecidos a uma curta distância de caminhada, a partir do local de residência.

Segundo Campos (2006), para alcançar a mobilidade sustentável, destacam-se as estratégias que visam restrições ao uso do automóvel; incentivo aos deslocamentos de curta distância; oferta, tarifa e segurança de transporte público adequadas; e segurança para circulação de pedestres, ciclistas e pessoas de mobilidade reduzida.

UN- Habitat (2013) acrescenta, ainda, que o transporte urbano é sustentável quando os recursos são distribuídos e usados de forma eficiente, maximizando os benefícios e minimizando os custos externos da mobilidade.

O transporte público se destaca por ser relativamente seguro, ocasionando apenas um décimo dos acidentes produzidos por automóveis (LITMAN, 2014); por apresentar menores custos; e por ser ambientalmente mais limpo.

Enquanto um ônibus com 10 passageiros emite, por exemplo, 1,2g de carbono em uma milha por pessoa, um carro com 1,5 passageiros (média de ocupação), emite 12,9g (LITMAN, 2015).

Assim, o transporte coletivo possui potencialidades não apenas para se integrar ao uso do solo e promover a inclusão espacial, mas também para reduzir impactos ambientais negativos gerados pelos transportes e aumentar a competitividade das cidades e seus efeitos sobre as atividades econômicas (POTGIETER *et al.*, 2006 *apud* LUCAS, 2011).

Por facilitar a circulação de pessoas e bens, proporciona o desenvolvimento comercial, aumentando a circulação de capital. Os altos de transporte provocados pelos severos congestionamentos de tráfego também limitam as escolhas de localização das firmas e elevam os custos de produção (GOMIDE, 2003).

Desse modo, subúrbios que não são servidos adequadamente com transporte coletivo tendem a ter um uso do solo predominantemente residencial, apresentando inacessibilidade a bens e serviços, tanto em escala local quanto regional. Por sua vez, o uso do solo majoritariamente residencial, muitas vezes não atrai novos investimentos de transporte público compatíveis com a demanda expressa pela população.

No entanto, não é necessário apenas a oferta do transporte público. Para que os benefícios sociais sejam conquistados, o transporte deve apresentar uma tarifa acessível, levando em consideração que os custos com transporte têm impactos significativos sobre o orçamento das famílias de baixa renda, representando um dos itens principais de despesa. O que aumenta as potencialidades do transporte coletivo em promover a inclusão social, visto que apresentam um menor custo per capita quando comparado ao individual (ANDRADE, 2000 *apud* GOMIDE, 2003).

Quando o transporte público é ofertado com tarifas acessíveis à toda população, incluindo aqueles com rendas mais baixas, e ofertado também de acordo com a demanda gerada pelo uso do solo e não como política de especulação imobiliária que visa a valorização de determinadas áreas da cidade em detrimento de outras, há uma possibilidade de acessibilidade a empregos e serviços a populações antes excluídas espacialmente.

### **2.3. Considerações Finais**

Áreas com bons acessos a transportes coletivos e espaços urbanos bem projetados, que facilitem a caminhada e o ciclismo, são atraentes para viver, trabalhar, estudar, e interagir; aumentam a eficiência do espaço viário; e incluem espacialmente os indivíduos mais carentes e, portanto, propensos à imobilidade (CERVERO, 2011 e SUZUKI *et al.*, 2013).

Indivíduos que não residem em locais próximos à oferta de serviços, tais como educacionais, hospitalares e culturais, e acessíveis a pé, podem ser excluídos socialmente caso apresentem baixa mobilidade, derivada tanto da baixa renda, que impossibilita o pagamento de tarifas de transporte, quanto das condições do transporte público, em termos de sua capacidade, preço, qualidade e imagem, assim como das facilidades para acessar as suas estações.

As consequências do isolamento físico são mais agravantes no mundo em desenvolvimento e podem potencializar a exclusão social, diminuindo ainda mais a capacidade aquisitiva de bens e serviços (SPOSATI, 1998 *apud* GOMIDE, 2003). Ou seja, além da segregação espacial ser uma das faces da desigualdade social, é também parte promotora da mesma (MARICATO, 2003).

No Brasil, o padrão de urbanização vivenciado em algumas cidades com baixa densidade e expansão horizontal contínua, comandada pela especulação imobiliária, segrega a população de baixa renda em áreas cada vez mais inacessíveis, desprovidas total ou parcialmente de infraestrutura e de serviços, prejudicando o seu acesso a essas oportunidades, impedindo uma apropriação equitativa da própria cidade e agravando a desigualdade na distribuição da riqueza gerada na sociedade (SEMOB, 2007 e ANDRADE *et al.*, 2014).

Se não há políticas de inclusão social, tais como custeio de parte da tarifa até que essa atinja valores acessíveis pela população, adequação da oferta de transporte à demanda ou alterações nos padrões do uso do solo, pode haver uma reprodução da pobreza, principalmente nas cidades onde as ofertas de empregos são concentradas.

Em países marcados pelas desigualdades sociais, cidades são divididas entre a porção formal, com presença de infraestrutura, e a ilegal, pobre com baixa oferta de serviços públicos, tais como as favelas (ROLNIK, 1999 *apud* GOMIDE, 2003).

O transporte público com tarifas acessíveis pode fornecer serviços mínimos de mobilidade para os moradores das favelas, que de outra forma, não poderiam ter recursos para pagar por serviços de transporte com base no mercado (CERVERO, 2011).

Quando não há uma integração das favelas ao sistema de transporte formal, existe uma perda de qualidade de vida da população e reprodução da pobreza com e inacessibilidade a serviços básicos.

No Rio de Janeiro, com o intuito de aumentar a acessibilidade, favelas foram construídas próximas a estações ferroviárias, modo de transporte que, em geral, apresenta maior integração com diferentes zonas da cidade e tarifas mais baixas.

No entanto, as formas do ambiente urbano construído pode fazer com que favelas, apesar da proximidade geográfica, estejam desconectadas do sistema ferroviário, impossibilitando a criação de ambientes mais sustentáveis, onde seus residentes poderiam desfrutar das potencialidades do transporte sobre trilhos, ultrapassando as barreiras da imobilidade e se incluindo espacialmente.

Não há apenas desperdícios do potencial ferroviário em promover cidades mais sustentáveis a partir da infraestrutura de transporte já construída, mas também, perda da capacidade das favelas em garantir uma demanda de viagens compatível com a capacidade dessa modalidade e por consequência a sua viabilidade financeira.

Por apresentarem alta densidade ocupacional, quando integradas com as estações, há grandes possibilidades em desenvolver nas favelas uma mobilidade de menor consumo energético, menores emissões de poluentes e menores custos tarifários.

### **3. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA FERROVIÁRIO**

#### **3.1. Produtividade social, energética e ambiental**

A produtividade social pode ser mensurada pelo grau de utilidade que uma empresa ou serviço apresenta em um determinado ambiente, podendo ser realizado um balanço entre os ganhos sociais e os custos financeiros para obtê-los.

No caso do sistema de transporte, deve-se levar em consideração os custos da operação e implantação, o desenvolvimento econômico gerado que pode compensar esses custos e, sobretudo, os benefícios sociais, tais como menores índices de acidente, redução das desigualdades por meio da inclusão espacial e aumento da qualidade de vida, que pode ser conquistada, por exemplo, a partir da redução do tempo de viagem.

Apesar das ferrovias terem elevados custos de implantação, essas oferecem altas velocidades e capacidade e, assim, são aconselhadas para os principais corredores com demandas de viagens acima de determinados patamares. De acordo com o UNCRD (2014), tal demanda deve ser superior a 15.000 passageiros nas horas de pico. Para que esse mínimo de viagens necessárias seja obtido, é sugerido uma alta concentração de residentes e ofertas de emprego próximas a estações (UN-HABITAT, 2013).

No entanto, é importante ressaltar que, mesmo que os ganhos financeiros obtidos de forma direta a partir da venda das passagens não paguem a construção da infraestrutura ferroviária, pode haver também os ganhos provenientes do desenvolvimento comercial, empresarial e do turismo que, indiretamente, viabilizam a implantação do sistema. Ademais, há também outros ganhos econômicos, tais como os sociais e ambientais, que apesar de serem de mais difícil quantificação, também justificam os investimentos nesse modal (WELCH, 2013; NELSON *et al.*, 2015).

O modo ferroviário pode reduzir os custos econômicos provenientes dos congestionamentos gerados pelo alto volume de carros em vias saturadas, além de diminuir a pressão para construir rodovias que possuem um alto custo de manutenção e implementação, na medida em que muitas vezes realizam desapropriações (REVISTA FERROVIÁRIA, 2010).

Estimam-se que os custos econômicos provenientes dos congestionamentos sejam entre 2 a 5% do PIB nos países da Ásia e da América Latina, podendo chegar a 10% na cidade de São Paulo (ADB 2012 e WORLD BANK, 2002 *apud* LSE CITIES, 2014).

Nos Estados Unidos, quando se trata de transporte urbano, diminuir o congestionamento ainda é a principal prioridade para os órgãos de planejamento (PROFFITT *et al.*, 2015) e dar prioridade para modos mais eficientes no trânsito, implementando linhas ferroviárias, tem se mostrado eficiente para reduzir os impactos gerados por esses (UNCRD, 2014).

Cidades congestionadas também podem expulsar empresas que, por exemplo, reconhecem que a baixa qualidade de vida, tal como o horário de sono reduzido, que foi acrescentado no deslocamento casa-trabalho, pode interferir na produtividade do funcionário. O turismo é outro setor que perde atratividade em cidades congestionadas.

No entanto, esse cenário pode ser revertido com investimentos no transporte ferroviário que tem potencialidade em sustentar economias de aglomeração em centros urbanos, em centros de atividades secundárias e ao longo dos corredores que os ligam (NELSON *et al.*, 2015).

Com as aglomerações de empresas de setores relacionados, há um aumento da produtividade e os custos de produção caem, possibilitando a expansão para setores complementares (HOLMES, 1999 *apud* NELSON *et al.*, 2015).

A partir do desenvolvimento econômico no entorno das estações, há a possibilidade de incluir na sociedade os residentes da vizinhança mais carentes, que passariam, a partir de então, a ter um acesso local com ofertas de emprego e serviços, que antes poderiam ser ausentes próximos aos locais de moradia.

Os baixos custos de viagem, em contraste com o transporte individual (LITMAN, 2015) e a alta capacidade e velocidade, quando comparada aos demais transportes coletivos (BINGLEI. e CHUAN, 2013), possibilita também o acesso regional (ofertas de serviço e emprego em demais localidades da cidade cobertas pelo sistema ferroviário) dessa população, que passa a ter uma possibilidade de participação ativa na sociedade.

Em áreas carentes e com alta densidade populacional, tais como as favelas, investimentos no modo ferroviário podem reverter o quadro de miséria e violência (GONÇALVES *et al.*, 2012b), além de gerarem ambientes visualmente mais atraentes.

Em estudo realizado em Baltimore, nos Estado Unidos, foi observado melhorias residenciais nas proximidades de estações de trem, que mostra o aumento do poder aquisitivo da população e pode indicar um progresso na qualidade de vida (WELCH, 2013).

O aumento da qualidade de vida não é apenas obtido pela maior acessibilidade a serviços e produtos, mas também pelo tempo gasto nos deslocamentos que pode ser revertido para o lazer e demais atividades requeridas pelo exercício de cidadania, que envolve a sua participação mais efetiva na família, na vizinhança e mesmo em movimentos sindicais e políticos.

Nas metrópoles brasileiras, aproximadamente 24,2 milhões de pessoas se deslocam diariamente para chegar até seus locais de trabalho (OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES, 2013) e aproximadamente 21% da população leva mais de uma hora nesse trajeto, tempo que vem aumentando anualmente (PEREIRA e SCHWANEN, 2013).

O transporte motorizado individual é o modo que mais consome espaço, não apenas nas vias, mas também para estacionamento (LITMAN, 2015). Um deslocamento casa - trabalho em carro ocupa um espaço aproximadamente 90 vezes maior do que o metrô e 20 vezes maior que o ônibus (IDAE, 2006), apesar de transportarem apenas 20% dos passageiros nos deslocamentos motorizados (GOMIDE, 2003).

Com a redução dos espaços destinados a estacionamentos, há possibilidades de criar mais áreas verdes onde possa ser realizadas atividades não só de lazer, mas também físicas, que podem trazer benefícios à saúde. Essas atividades também são incentivadas pelo transporte ferroviário, já que a caminhada é normalmente o principal meio de acesso à sua estação (SALAS, 2015).

Ainda em relação à produtividade social, é importante mencionar os menores índices de acidentes proporcionados pelo transporte público. Nesse aspecto, o transporte ferroviário se destaca não apenas por estatisticamente se envolver em menos acidentes que um automóvel, mas também, por reduzir o número de acidentes nas rodovias, na

medida em que possui uma maior capacidade quando comparado a demais transportes públicos, retirando, assim, mais veículos das vias e por consequência, reduzindo os conflitos de trânsito.

Em relação à produtividade energética, o consumo de energia por passageiro/km em ônibus ou trens é de 3 a 5 vezes menor do que em carros. Dos modos motorizados, o trem é o segundo mais eficiente em relação ao consumo energético, ficando atrás apenas do metrô (IDAE, 2006).

A densidade das cidades apresenta um importante papel no consumo de energia do transporte urbano: dependendo da densidade, o custo da viagem pode variar de 6% do PIB até 13% em cidades de menor densidade, onde o transporte individual é o modo quase exclusivo. Quanto mais densa as cidades, menores os custos para garantir a mobilidade e maior a tendência dos deslocamentos serem realizados por modos não motorizados e por transporte coletivo (IDEA, 2006).

No ano de 2009, o setor de transporte brasileiro consumiu 28,3% da energia utilizada em todo o país, sendo o segundo maior consumidor energético do Brasil, perdendo apenas para o setor industrial (REVISTA FERROVIÁRIA, 2010).

Dentre a energia consumida por transportes motorizados, 95% dependem de uma fonte de energia baseada no petróleo, o que representa uma forte dependência pelos combustíveis fósseis. Por outro lado, cerca de 68% do uso do petróleo são destinados à produção de gasolina e diesel (IDEA, 2006 e UN-HABITAT, 2013).

Em 2009 foram consumidos no Brasil 62,7 milhões de Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP), no qual 57,7 milhões desses foram utilizadas pelo modo rodoviário, o equivalente a 26,1% de toda a energia usada no país. O segundo modo de transporte que mais consumiu energia foi o aéreo (2,9 milhões de TEP), seguido pelo hidroviário (1,4 milhões de TEP) (REVISTA FERROVIÁRIA, 2010).

O transporte ferroviário foi o que menos consumiu: 0,8 mil toneladas, representando 0,3% do consumo nacional de energia. É importante ressaltar que, desse total, 178 mil TEP são, na verdade, energia elétrica (REVISTA FERROVIÁRIA, 2010), que pode ser de fontes diversificadas. Assim, esse modo representa uma boa alternativa para diminuir a dependência dos recursos fósseis que, além de não serem renováveis, estão naturalmente distribuídos de forma desigual pelo mundo.

Esse modo de transporte promove uma melhor eficiência energética não apenas por ser mais econômico na relação passageiro/km, quando comparado com os demais (REVISTA FERROVIÁRIA, 2010), mas também, por incentivar viagens não motorizadas nos ambientes compactos gerados e desestimular o uso do automóvel para as longas viagens.

A grande quantidade de energia derivada do petróleo utilizada pelos transporte tem feito com que muitos planejadores tenham como meta a diminuição dos danos ambientais causados por esse setor (UN-HABITAT, 2013).

Por ser menos dependente de combustíveis fósseis e poder utilizar fontes de energia mais limpas, o modo ferroviário também se destaca por sua produtividade ambiental. Transportes individuais, tal como o carro elétrico, também apresentam uma energia mais limpa, no entanto, com um maior custo e menor praticidade, além de consumir mais energia por pessoa do que o transporte coletivo.

O transporte é a causa de grande parte das emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), compostos orgânicos voláteis (COV) e partículas, contribuindo, assim, nas mudanças climáticas, no agravamento do efeito estufa, na geração de chuvas ácidas, no aumento do buraco na camada de ozônio e no deterioramento da qualidade do ar, à nível local, regional e global (DERISIO, 2012 e DRUMM *et al.*, 2014).

Estimam-se que os veículos particulares sejam responsáveis por aproximadamente 80% do total de emissões de NO<sub>x</sub> e de 60% das emissões de partículas. Nos Estados Unidos, o transporte é o agente de emissão de aproximadamente 27% dos gases do efeito estufa (CHEN, 2013) e no Brasil de 32% de carbono (DRUMM *et al.*, 2014).

Quando são analisadas as emissões de CO<sub>2</sub> emitidas pelo setor de transporte, as lançadas pelo sistema ferroviário são praticamente insignificantes a nível global (UN-HABITAT, 2013).

De acordo com a Environment Protection Agency (EPA), considerando todas as fontes da emissão de gases causadores do efeito estufa, as ferrovias de carga representam apenas 0,6% das emissões (REVISTA FERROVIÁRIA, 2010).

O ruído provocado pelo tráfego também está se convertendo em um motivo de crescente preocupação ambiental nos meios urbanos. Na União Europeia, 80% do ruído das zonas urbanas procede do tráfego e pelo menos 100 milhões de pessoas se encontram expostas a níveis de ruído acima dos 55dB, recomendado pela OMS como limite tolerável no qual se inicia o estresse (IDEA, 2006). Desses, 20% estariam expostos diariamente a níveis acima de 65dB, considerado como limite para ausência de danos à audição humana (ZAJARKIEWICCH, 2010).

Um planejamento urbano e de transporte que tenha como meta investimentos em sistemas ferroviários e uma melhor articulação desse com o uso do solo, além de poder mitigar os impactos negativos, tais como congestionamentos, acidentes e emissões de gases, partículas e ruídos poluentes; e proporcionar uma maior atratividade econômica e inclusão social, pode também estruturar o desenvolvimento de cidades, limitando a expansão urbana e indicando os locais mais adequados para um maior adensamento.

### **3.2. Estruturador do desenvolvimento**

A infraestrutura urbana e o modo de transporte predominante definem o desenvolvimento urbano, na medida em que influenciam na acessibilidade e em atributos do uso do solo, tais como a densidade ocupacional e o grau de diversificação (SUZUKI *et al.*, 2013).

A eficiência do uso do solo pode ser reduzida por estratégias de desenvolvimento baseadas no transporte rodoviário que causam a expansão urbana (LIN e GAU, 2006). Como consequências do alargamento urbano, os operadores de transportes coletivos não são capazes de servir todos os destinos, como acontece numa cidade compacta.

Cidades de países em desenvolvimento estão crescendo a um ritmo acelerado: é projetado que a população dessas cidades, que em 2000 era de 2 bilhões, seja de 5,5 bilhões no ano de 2050, o que representará 95% do aumento da população urbana global. Com o crescimento, os residentes urbanos tendem a se instalar em áreas

suburbanas, em uma ocupação não planejada e dependente do uso do carro (SUZUKI *et al.*, 2013).

O potencial do modo ferroviário para reestruturar e redesenhar os espaços públicos controlando o espraiamento urbano é reconhecido por alguns Planos de Mobilidade Urbana Sustentável (PMUSs) de cidades europeias, que dão preferência em investir no sistema de transporte sobre trilhos em superfície ao invés do metrô, por acreditarem que o primeiro teria maior capacidade de redefinir os espaços (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

A experiência do TOD nos Estados Unidos, Dinamarca e em alguns países da Oceania e leste asiático, tal como a Indonésia, tem demonstrado que sistemas de transporte de alta capacidade, como o ferroviário, proporcionam benefícios ambientais e socioeconômicos para as cidades que o promovem (KNOWLES, 2012; BINGLE e CHUAN, 2013; DIRGAHAYANI *et al.*, 2015).

Quando o TOD foi definido em 1980 por Peter Calthorpe, especialista em sustentabilidade ambiental, foi apresentado como meta a redução de viagens motorizadas individuais e de problemas sociais, por meio do incentivo a pessoas residirem próximas a estações de transporte público de alta capacidade e em locais com balanceamento entre a densidade habitacional e a de emprego (CARLTON, 2009; IBID, 2011).

O uso do solo misto e a aproximação com as estações oferecem para os residentes das cidades uma melhor qualidade de vida e menores custos com transporte, além de proporcionarem alternativas reais para o congestionamento do tráfego (CARLTON, 2009 e CHEN, 2013).

Por sua alta capacidade e potencialidade em estruturar o desenvolvimento, o transporte ferroviário se apresenta, dentre os transportes públicos, como uma alternativa de grande potencial para possibilitar a prática do TOD (BRUINSMA, 2008 e GOLÇALVES *et al.*, 2014).

O transporte sobre trilhos também se destaca na promoção do desenvolvimento, pela sua capacidade de integração tanto com outros modos de alta capacidade, como o metrô, quanto com os de menor capacidade, podendo esses serem motorizados ou não (UN-HABIAT, 2013).

Como uma das formas de reorganização dos sistemas de transporte público, a integração tem como objetivo a redução dos custos e aumento da mobilidade (ANTP, 2004 *apud* NABAIS, 2005), ocorrendo em três níveis principais: operacional, tarifária e física (ON - HABITAT, 2013).

Por ser um pré-requisito essencial para a acessibilidade urbana, é caracterizada por ser uma necessidade e tendência mundial (NABAIS, 2005). As cidades da Europa Ocidental foram as pioneiras em facilitar a integração, especialmente entre os transportes públicos e os não motorizados. Em contrapartida, nas cidades dos países em desenvolvimento, têm sido realizados poucos esforços a fim de garanti-la (UN-HABITAT, 2013).

Possíveis pontos de integração ao longo da linha ferroviária devem ser considerados na localização de estações para que a rede de transporte existente trabalhe conjuntamente com a linha de trem, visando a melhoria da mobilidade dos passageiros (MOTA *et al.*, 2014). A integração favorece essa melhoria na mobilidade por meio do aumento do número de locais alcançados; redução do tempo de viagem; e redução dos custos tarifários (NABAIS, 2005).

Quando é realizada uma integração ferroviária com modos motorizados de menor capacidade, há uma competência em expandir a área de influência das estações, potencializando o uso da linha ferroviária. Já a integração por meio de transporte não motorizado chama a atenção por ser um alicerce fundamental do transporte sustentável (ITDP, 2014).

Para que a caminhada seja incentivada sugere-se que as calçadas e ruas ofereçam serviços e recursos convenientemente, de modo que possam incentivar uma melhor utilização de tais espaços públicos (ITDP, 2014).

De acordo com ITDP (2014), dentre os principais fatores que contribuem para fazer a caminhada atraente, destacam-se a segurança (probabilidade de riscos materiais e/ou pessoais), o conforto (presença de elementos físicos, acústicos e térmicos no ambiente de caminhada) e acessibilidade (facilidades oferecida pelo ambiente construído para acessar os destinos desejados).

O ciclismo é outra modalidade de transporte saudável, livre de emissões e que exige pouco espaço e recursos, além de aumentar consideravelmente a área de cobertura

das estações de transporte público. Os principais fatores de incentivo à essa prática são a presença de bicicletários; e segurança viária (acidentes) e pessoal (roubos e furtos ) (ITDP, 2014).

### **3.3. Considerações Finais**

Políticas que privilegiam o transporte rodoviário, principalmente o individual, permitem a expansão urbana promovendo um uso energético menos eficiente e maior tempo gasto para efetuar os deslocamentos, que tem como consequência a diminuição da competitividade econômica das cidades.

Essa expansão urbana também tem danos que repercutem na esfera social, uma vez que, aumentam os custos com infraestrutura urbana e demanda de transporte público, que muitas vezes não são supridos, gerando bairros com ausência de serviços básicos e imobilidade para os mais carentes, que não têm posse de veículo motorizado.

Ao mesmo tempo, nos centros urbanos planejados para o transporte individual, também há uma demanda de infraestrutura rodoviária crescente, sendo dependente de recursos para investimentos e áreas disponíveis para construção de vias e estacionamento, áreas essas muitas vezes escassas (GONÇALVES *et al.*, 2014a).

A integração entre o transporte e o uso do solo é promissora para inverter a tendência de expansão não planejada de cidades, e assim, promover cidades compactas mais sustentáveis. Cidades tais como Copenhague e Cingapura, têm se beneficiado de investimentos em transporte público de alta capacidade que produzem as formas urbanas desejadas (SUZUKI *et al.*, 2013).

A integração entre o uso do solo e o transporte ferroviário é formada por interações complexas: não apenas a ocupação concentrada é estimulada pelo transporte ferroviário, mas também, altas densidades incentivam o uso dessa modalidade, que facilita a organização das cidades e potencializa as facilidades para o deslocamento. Desse modo, o trem e suas estações apresentam um papel estruturador e articulador do desenvolvimento (GONÇALVES *et al.*, 2012a).

A articulação do sistema ferroviário com o uso do solo, tal como no conceito TOD, pode gerar benefícios nas esferas econômicas, ambientais e sociais. Cidades compactas servidas por transporte de alta capacidade e velocidade, além de atenderem a demanda de tráfego urbano, também têm maior competitividade econômica, fortalecendo atividades de comércio e de emprego (BINGLE e CHUAN, 2013 e DORSEY e MULDER, 2013). Essas atividades também são incentivadas pela potencialidade dos sistemas sobre trilhos em diminuir os congestionamentos (BINGLE e CHUAN, 2013).

Por promover uma redução dos custos pessoais de transporte, tal como os de estacionamento, e possibilitar acesso a atividades por caminhada, há um acréscimo na capacidade de inclusão participativa na sociedade daqueles mais carentes.

Melhorias na acessibilidade das favelas ao sistema ferroviário podem auxiliar na inclusão socioespacial da sua população. A implantação do teleférico no complexo de favelas do Alemão, localizado no Rio de Janeiro, já indicou uma propensão de aumentar a geração de viagens em sua estação de integração com o sistema de trens suburbanos. O que significa um melhor aproveitamento da alta densidade ocupacional desses espaços e da capacidade do sistema ferroviário (GONÇALVES *et al.*, 2012b).

A identificação dos fatores e variáveis que influenciam na geração de viagens ferroviárias pode otimizar os sistemas de transporte e do uso do solo. Essas variáveis apresentam diferentes influências na geração de viagens em distintas cidades, sendo necessário uma análise local para indicar o que promove a mobilidade em um determinado sistema ferroviário.

A partir da identificação das variáveis locais mais influentes e posterior classificação das estações é possível criar estratégias para o surgimento de ambientes mais sustentáveis, com maior integração entre transporte e uso do solo; redução de emissões de ruído, partículas e gases poluentes; menores congestionamentos; maior atração turística e empresarial; e além de maiores lucros para a empresa operadora.

## **4. FATORES E VARIÁVEIS INTERVENIENTES NA MOBILIDADE FERROVIÁRIA**

### **4.1. Características locais e suas influências na mobilidade**

Com as vias das grandes cidades e metrópoles ocupadas por transportes rodoviários e o esgotamento de áreas para a expansão urbana, o trem volta a ganhar destaque nas questões de mobilidade. Contudo, os usuários do transporte coletivo e a distribuição urbana podem apresentar características diferentes da época da implantação da infraestrutura ferroviária (GONÇALVES *et al.*, 2014a).

Surge a preocupação entre os urbanistas e os pesquisadores de transporte em investigar o que a população espera do sistema ferroviário; em estudar as melhores adaptações ao novo cenário da infraestrutura ferroviária já existente e em identificar os locais com necessidade de instalar novos corredores, a fim de projetar um ambiente urbano no qual se privilegie a mobilidade sustentável. Para tal, é necessário investigar como as pessoas interagem nos seus deslocamentos ferroviários, estudando os fatores que influenciam na mobilidade desse sistema (GONÇALVES *et al.*, 2014a).

Variáveis relacionadas ao uso solo (Lugar), tais como a densidade populacional e de emprego geram a demanda potencial de viagens que muitas vezes não é atendida devido, principalmente, à desequilíbrios com as variáveis da oferta ferroviária (Nó), tais como a capacidade fornecida, conectividade com as demais estações da rede e a acessibilidade à estação (MTI, 2012; HSU, *et al.*, 2015).

Principalmente em cidades caracterizadas pelas desigualdades sociais, pode haver, ainda, situações em que a demanda em potencial é compatível com a oferta ferroviária, mas variáveis do fator socioeconômico, tal como a renda, reduzem a mobilidade de parte da população (BROWN *et al.*, 2013; HSU, *et al.*, 2015). Isso significa que as taxas de embarque e desembarque das estações não refletem a demanda que poderia usar o trem, representando uma imobilidade ferroviária caracterizada por uma exclusão espacial, que se agrava quando isto se estende a outros modos de transporte.

Diferentes autores da bibliografia consultada enfatizam distintas variáveis como relevantes na geração de viagens e organizam essas em diferentes fatores. Contudo, todos têm em comum a preocupação em apresentar resultados dos quais a partir desses seja possível criar estratégias para o aumento da mobilidade por transporte coletivo. A fim de balancear a oferta de transporte com a demanda de viagens, alguns criam modelos como o DRM (*Direct Ridership Models*) que pode prever viagens para um determinado sistema ou corredor de transporte (DONG *et al.*, 2013; DUDUTA, 2013; ANDRADE *et al.*, 2014; DURNING e TOWNSEND, 2015 e HSU *et al.*, 2015).

#### **4.2. Caracterização dos fatores**

Gonçalves *et al.* (2012a) classificam as variáveis que influenciam nas taxas de embarque de estações metroferroviárias, em quatro fatores: Ambiente Urbano, Uso do Solo; Socioeconômicos Integração Modal e Estrutura da Rede.

Andrade *et al.*(2014) e Gonçalves *et al.* (2014a) estabelecem uma organização semelhante. No entanto, como foram analisadas variáveis relacionadas a demais modos de transporte que não estão necessariamente relacionadas com a integração, o fator Integração Modal foi substituído por Transporte e Sistema de Transportes, respectivamente.

Na presente dissertação, adotou-se uma divisão com base nesses trabalhos. Entretanto, o fator Estrutura da Rede foi renomeado de Sistema Ferroviário, na medida em que foram observadas variáveis relacionadas ao transporte ferroviário que não estão relacionadas a estrutura da rede.

Em relação à análise dos fatores que contribuem para a mobilidade, sobretudo, ferroviária, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, no qual foram contemplados 20 estudos. Esses apresentaram 35 variáveis tipicamente agrupadas em fatores que procuram expressar as principais dimensões que contribuem na geração de viagens, que são: Ambiente Urbano (Quadros 4.1 e 4.2), Uso do Solo (Quadros 3 e 4), Socioeconômico (Quadros 4.5 e 4.6), Transporte (Quadros 4.7 e 4.8) e Sistema Ferroviário (Quadro 4.9 e 4.10).

O fator Ambiente Urbano considera a alocação de serviços básicos, os níveis de segurança e climáticos, que proporcionem condições mais atraentes para o uso do trem. Ou seja, está relacionado a variáveis do ambiente construído e natural que podem atrair ou desestimular viagens, sem especificar o tipo de atividade, o que é realizado no fator Uso do Solo (Lugar) (Quadros 4.1 e 4.2).

No fator Ambiente Urbano estão incluídas variáveis que apresentam simultaneamente características particulares tanto de transporte ( ex.: padrões de acessibilidade), quanto de ocupação do solo (ex.: densidade).

As variáveis com características próprias apenas da ocupação foram classificadas como sendo do fator Uso do Solo. Esse apresenta importante influência na demanda de viagens, por expressar a intensidade e diversidade das atividades no entorno das estações.

O fator Socioeconômico está associado, sobretudo, à capacidade individual de deslocamento, analisando como essas variáveis podem interferir na demanda real de viagens ou gerar imobilidade. Em outras palavras, é estudado o quanto grupos de indivíduos com características sociais em comum realizam viagens.

O fator Transporte está relacionado com o ato de locomoção em si, levando em consideração a acessibilidade da estação por outros modos de transporte, inclusive o não motorizado; o motivo da viagem; e demais variáveis relacionadas a demais modos de transporte e suas vias que possam incentivar o uso do transporte público, sobretudo, o sobre trilhos.

Por último, porém de grande relevância para o presente estudo, o fator Sistema Ferroviário, associado à oferta desse sistema. Dentre outros, é analisando a atratividade derivada da qualidade de serviço; e a conectividade da estação com as demais do sistema.

Foram contemplados os estudos: Quade e Douglas (1996); Walters e Cervero (2003); Chu (2004); Kuby *et al.* (2004); Anspacher (2005); Brons *et al.* (2008); Debrezion *et al.* (2009); Sohn e Shim (2010); Gutiérrez *et al.* (2011); Lucas, (2011); Basu e Hunt (2012); Gonçalves *et al.* (2012a); MTI (2012); Brown *et al.* (2013); Duduta, (2013); Dong *et al.*, (2013); Frei e Mahmassani (2013); Andrade *et al.* (2014); Durning e Townsend (2015); e Hsu, *et al.* (2015).

Vale ressaltar que Andrade *et al.* (2014); Duduta, (2013), Basu e Hunt (2012), e Gonçalves *et al.* (2012a), foram os únicos estudos com aplicações em países em desenvolvimentos, sendo eles respectivamente Brasil, México, Índia e Brasil.

Dentre a bibliografia consultada, Frei e Mahmassani (2013) é o único que apresentou uma análise exclusivamente rodoviária.

As variáveis apresentadas nos Quadros 4.2, 4.4, 4.6, 4.8 e 4.10, pelos autores Gonçalves *et al.* (2012a), são as mais relevantes que influenciam na mobilidade sobre trilhos identificadas a partir da pesquisa bibliográfica realizada pelos autores. Nem todas as variáveis identificadas como importantes foram analisadas na aplicação devido à baixa disponibilidade e confiabilidade de dados, problema comum em cidades de países em desenvolvimento.

Durning e Townsend (2005) também realizam uma pesquisa bibliográfica extensa, mas, no presente estudo, estão destacadas as utilizadas pelos autores em seus modelos, já que, devido a especificidades locais, apresentam uma maior disponibilidade de dados e pressupõem-se que a seleção das variáveis utilizadas na análise da mobilidade se deu em função da importância delas compreendida pelos autores. De acordo com a pesquisa bibliográfica, os fatores abordados por mais estudos foram aqueles com ligação mais estreitas com o Nó e o Lugar, ou seja, oferta de transporte e demanda de viagens, expressa pelas atividades no entorno da estação.

Desses, os relacionados à oferta de transporte (fatores Sistema Ferroviário e Transporte) foram os mais contemplados: 18 e 16 estudos, respectivamente. A importância do fator Sistema de Ferroviário também é ressaltada pelo poder explicativos da oferta do transporte sobre trilhos em influenciar a mobilidade, e por ter sido o único fator abordado por todos os estudos aplicados em países em desenvolvimento (Quadros 7 e 8).

O fator uso do solo foi contemplado por 14 estudos, apesar de ter apresentado apenas 4 variáveis capazes de analisar a intensidade e diversidade das atividades, o que demonstra a importância individual de cada variável (Quadros 3 e 4).

Os fatores Transporte, Sistema Ferroviário e Uso do Solo também se mostram importantes para a geração de viagens, devido a análise atemporal de algumas de suas

variáveis, contempladas desde o primeiro estudo analisado (1996), até os últimos de 2015.

O fator socioeconômico, analisado por 12 pesquisas, se destaca pelo número de variáveis analisadas: 10 (Quadros 3 e 4). Foi também aquele que mais demonstrou influências diferenciadas na mobilidade ferroviária de acordo com o local de aplicação.

O fator abordado por menos autores (8) foi o Ambiente Urbano, com 6 variáveis no total (Quadro 1 e 2), contudo, não se pode afirmar que esse apresenta pouca importância.

#### **4.3. Caracterização das variáveis**

Dentre as variáveis do fator Ambiente urbano, as que mais se destacaram pela frequência em que foram contempladas na revisão bibliográfica mediante a comparação com as demais do mesmo fator, foram as variáveis centralidade e TOD, consideradas em 7 e 5 estudos respectivamente (Quadros 4.1 e 4.2).

A variável centralidade foi classificada como ambiente urbano, na medida em que, quanto maior a centralidade da estação, maior será a tendência dessa apresentar maior atratividade e demanda de viagens. Ou seja, espera-se que haja maior acessibilidade as estações, que essas ofereçam uma maior oferta de serviço e que apresentem um entorno com atividades mais diversas e em maior intensidade.

A variável TOD apresenta características dos fatores Uso do Solo e Transporte devido a particularidades na densidade e acessibilidade a pé, além de já ser um ambiente planejado para o transporte público de alta capacidade.

A proximidade com fronteiras internacionais também pode aumentar o fluxo de pessoas na estação, assim como atrair investimentos de outros modos de transporte.

As variáveis segurança e climas extremos não têm ligação direta com o uso do solo nem com o transporte, porém, são características do ambiente que podem ou não incentivar viagens.

No ano de 2014 (ANDRADE *et al.*) houve uma inserção nesse fator da variável favelas (Quadro 4.2), antes não contemplada, de acordo com a bibliografia consultada.

Apesar de suas particularidades no uso do solo, tal como alta densidade populacional, que poderia gerar um PGV, essa é classificada como Ambiente Urbano devido demais características próprias da sua morfologia urbana, infraestrutura e serviços públicos precários ou inexistentes, que podem gerar déficit na acessibilidade.

A sensação de insegurança que pode haver nesses ambientes, junto a uma imagem muitas vezes negativa e pouco atrativa também podem desestimular viagens.

**Quadro 4.1:** Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Ambiente Urbano segundo a bibliografia (1996 - 2010)

Variáveis	Descrição	Sinal	Autores					
			Quate e Douglas (1996)	Walters e Cervero (2003)	Kuby <i>et al.</i> (2004)	Brons <i>et al.</i> (2008)	Debrezion <i>et al.</i> (2009)	Sohn e Shim (2010)
Centralidade	Atratividade. Maior oferta de transporte e alta densidade	+	x		x	x	x	x
TOD ( <i>Transit oriented development</i> )	Projeto urbanístico orientado ao transporte público e ao não motorizado.	+		x	x			x
Proximidade com fronteiras internacionais	Fluxo de pessoas	+			x			
Climas extremos	Podem desestimular viagens.	-			x	x		
Segurança (Violência)	Repulsão/atração de passageiros	+				x		

**Quadro 4.2:** Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Ambiente Urbano segundo a bibliografia (2011 – 2014)

Variáveis	Descrição	Sinal	Autores				
			Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)	Gonçalves <i>et al.</i> (2012a)	Brown <i>et al.</i> (2013)	Frei e Mahmassani (2013)	Andrade <i>et al.</i> (2014)
Centralidade	**	+		x	x		
TOD	**	+	x		x		
Segurança (violência)	**	+				x	
Área favelada	Alta densidade urbana e déficit no acesso	*					x

\* Não se aplica: dependente de outras variáveis

\*\* Descritos anteriormente

O fator Uso do Solo, utilizado por quinze autores, apresenta 3 variáveis: população, emprego e PGV; no qual as duas primeiras se destacam na bibliografia internacional, não só pela frequência em que foram utilizadas, mas também pela importância dessas na geração de viagens, apresentando altos coeficientes nos modelos em que foram aplicadas (Quadros 4.1 e 4.2).

Em análise comparativa entre os sistemas de ônibus e trens suburbanos, as variáveis população e emprego se mostraram influentes na mobilidade dos dois modos (MTI, 2012). Na análise exclusivamente rodoviária de Frei e Mahmassani (2013) essas variáveis não foram contempladas.

Em relação à variável PGV, diferentes critérios podem ser utilizados para mensurá-la, tais como: faculdades; colégios; hospitais e clínicas; aeroportos; centros comerciais, tal como shoppings; centros desportivos e de lazer.

Dentre os PGVs, quando contemplados, os shoppings se destacam na geração de demanda de viagens, sobretudo, por ocuparem grandes áreas (MOTA *et al.*, 2014).

Durning e Townsend (2015) demonstrando uma grande preocupação em analisar não apenas a densidade do uso do solo, mas também a diversidade desse. Para esses autores as proporções dos usos do solo residencial, comercial, governamental e institucional se mostraram positivamente relacionadas com o número de passageiros, refletindo a teoria de que um uso solo misto contribui para a utilização do transporte público.

**Quadro 4.3:** Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Uso do Solo segundo a bibliografia (1996 - 2010)

Variáveis	Descrição	Sinal	Autores						
			Quate e Douglas (1996)	Walters e Cervero (2003)	Chu (2004)	Kuby <i>et al.</i> (2004)	Anspacher (2005)	Brons <i>et al.</i> (2008)	Sohn e Shim (2010)
Empregos na área de influência (AI)	Número de empregos ou área construída para tal uso	+	x		x	x			x
População na AI	Número de habitantes ou área habitacional construída	+	x	x		x	x	x	x
Polos Geradores de Viagens	Shoppings, instituições de ensino, aeroportos, hospitais, centros desportivos e de lazer.	+				x			x

**Quadro 4.4:** Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Uso do Solo segundo a bibliografia (2011 - 2015)

Variáveis	Descrição	Sinal	Autores							
			Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)	Gonçalves <i>et al.</i> (2012a)	MTI (2012)	Brown <i>et al.</i> (2013)	Dong <i>et al.</i> (2013)	Andrade <i>et al.</i> (2014)	Durning e Townsend (2015)	Hsu, <i>et al.</i> (2015)
Empregos na AI	**	+	X	X	X	X	X	X		
População na AI	**	+	X	X	X	X		X	X	X
Polos Geradores de Viagens	**	+	X	X					X	

\* Não se aplica: dependente de outras variáveis

\*\* Descritos anteriormente

Em relação ao fator Socioeconômico, destaca-se a variável renda, utilizada por dez autores. De acordo com Rosenbloom e Clifton (1996 *apud* KUBY, 2004), o percentual de pessoas que utilizam o trem e o metrô aumenta com relação à renda. Famílias de baixa renda teriam o costume de realizar viagens mais curtas e, portanto, serem mais propensas a usar ônibus. De igual modo, os trabalhadores com maior renda fariam viagens mais longas e seriam mais propensos a usar o modo ferroviário (WACHS e TAYLOR, 1998 e WACHS *et al.*, 1993 *apud* KUBY, 2004).

Não se deve desconsiderar, no entanto, que os estudos Wachs e Taylor (1998) e Wachs *et al.* (1993) foram realizados em países desenvolvidos, onde há uma maior qualidade do serviço do transporte público e, portanto, a população com maior poder aquisitivo também faz uso desse meio de transporte. Países desenvolvidos, também tendem a possuir uma porcentagem maior de população de alta renda residindo em áreas periféricas, onde há uma necessidade de viagens mais longas.

Em estudo realizado na Georgia, Estados Unidos, também foi identificado que os passageiros de ônibus tendem a vir de locais de menor renda e apresentam maior dependência do que os passageiros ferroviários, que apresentam maiores oportunidades de escolha (MTI, 2012).

Já em estudos realizados no Brasil (GONÇALVES *et al.*, 2012a e ANDRADE *et al.*, 2014), onde a população suburbana tende a ter menor renda e há uma pior qualidade do serviço ferroviário, não foi verificada uma alta correlação entre a renda e as taxas de viagens nesse modo de transporte. A mesma correlação também não foi verificada com a variável IDH, indicando que no Brasil o trem não tende a promover o desenvolvimento humano.

Além da renda, dentre as variáveis socioeconômicas que podem apresentar forte correlação, quando analisada a presença de favelas no entorno das estações, chama-se atenção para a taxa de desemprego e escolaridade (Quadros 4.5 e 4.6).

A variável taxa de desemprego somente foi contemplada nos estudos de Brown *et al.* (2013) e Frei e Mahmassani (2013), ambos estadunidenses. O seu aparecimento somente nesse ano talvez possa ser um reflexo da crise financeira iniciada em 2006 nos Estados Unidos e atualmente responsável por desempregos em alguns países do Norte.

Possivelmente em função da maior inserção da mulher no mercado de trabalho e de uma menor desigualdade entre os gêneros nas sociedades onde são originados os artigos, a variável gênero foi contemplada na análise da influência da mobilidade apenas até o ano de 2005 (WALTERS e CERVERO, 2003 e ANSPACHER, 2005).

Dentre os consultados, Hsu *et al.* (2015) foram os único autores que analisam o PIB, o que pode ser justificado pelo fato de ter sido aplicado num ramal de trem de alta velocidade que atravessa a ilha de Taiwan de Norte a Sul, servindo diferentes estados.

**Quadro 4.5:** Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Socioeconômico segundo a bibliografia (2003 - 2008)

Variáveis	Descrição	Autores					
		Sinal	Walters e Cervero (2003)	Chu (2004)	Kuby <i>et al.</i> (2004)	Anspacher (2005)	Brons <i>et al.</i> (2008)
Renda	Renda familiar média na AI que influencia na escolha do modal e na capacidade de pagar as tarifas	*	x	x	x	x	x
Escolaridade	Nível de instrução da população residente na AI	+					x
Porcentagem de inquilino	Tendem ser de baixa renda, jovens e dividir habitações onde não há vagas de estacionamento.	+			x		
Faixa etária	Capacidade de deslocamento.	*		x		x	x
Gênero	Os homens tendem a ter maior mobilidade.	*		x		x	
Etnia	Diferentes padrões de viagens	*	x			x	x
Taxa de motorização	Número de automóveis por residência.	*		x			x

\* Não se aplica: Variável *dummy* ou de acordo com o local do estudo pode assumir diferentes sinais ou ainda assemelhar-se a uma parábola

**Quadro 4.6:** Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Socioeconômico segundo a bibliografia (2011 - 2015)

Variáveis	Descrição	Sinal	Autores						Hsu, <i>et al.</i> (2015)
			Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)	Gonçalves <i>et al.</i> (2012a)	MTI (2012)	Brown <i>et al.</i> (2013)	Frei e Mahmassani (2013)	Andrade <i>et al.</i> (2014)	
Renda	**	*		x	x	x	x	x	
IDH – índice de desenvolvimento humano	S. ferroviário permite a promoção do desenvolvimento socioeconômico	+		x				x	
População empregada	Necessidade de viagens diárias e capacidade de pagar as tarifas	-				x	x		x
Escolaridade	**	+							
Faixa etária	**	*	x				x		x
Etnia	**	*	x		x	x			
Taxa de motorização	**	*	x		x	x	x		x
PIB (Produto Interno Bruto)	Tenderia a promover melhor infraestrutura	+							x

\* Não se aplica: de acordo com o valor e com o local do estudo pode assumir diferentes sinais

\*\* Já descrito anteriormente

No fator Transporte, as variáveis que mais se destacaram pela frequência de utilização foram aquelas mais relacionadas com a acessibilidade, um requisito importante para a mobilidade. As variáveis mais utilizadas foram integrações intermodais/acessibilidade veicular e acessibilidade a pé, contemplados por 12 e 8 estudos respectivamente (Quadros 4.7 e 4.8).

Diferentes autores utilizaram distintos indicadores para mensurar as integrações intermodais e a acessibilidade veicular, estando entre eles a frequência e o número de linhas de ônibus alimentadores; o número de vagas e área total de estacionamentos e bicicletários na estação ou no seu entorno próximo; assim como a extensão de ciclovias que alimentam as estações.

Em estudo realizado pelo MTI (2012), as conexões com ônibus alimentadores se mostraram relevantes para aumentar a mobilidade em sistemas ferroviários, atraindo trabalhadores de menor renda.

Para essa variável, Durning e Townsend (2015) analisam os espaços destinados aos estacionamentos no entorno das estações e a conectividade com linhas de ônibus. Ambos indicadores mostraram que facilitar o acesso da estação pode ser um meio eficaz para aumentar o número de viagens ferroviárias geradas.

No entanto, o primeiro indicador deve ser cuidadosamente ponderado em relação aos objetivos globais. Embora o fornecimento de estacionamento possa aumentar o número de embarques, a estratégia de fornecer mais estacionamentos pode ter alto custo e diminuir os benefícios associados à infraestrutura de transporte público (DURNING e TOWNSEND, 2015).

Dentre os indicadores utilizados para analisar a acessibilidade a pé, destacam-se o tempo de caminhada; número de ruas sem saída no entorno das estações, que podem dificultar o acesso a essa; cumprimentos das calçadas; presença de ruas exclusivas para pedestres; e número de faixas de pedestres preferenciais (DEBREZION *et al.*, 2009; SOHN e SHIM, 2010; DONG *et al.*, 2013 e DUDUTA, 2013).

A variável acidente se apresenta como um empecilho dos transportes à acessibilidade das estações. Essa pode ser mensurada pelo número de mortes por atropelamento registrados no entorno da estação, que pode desmotivar as viagens a pé até essa (SOHN e SHIM, 2010).

**Quadro 4.7:** Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Transporte segundo a bibliografia (1996 - 2010)

Variáveis	Descrição	Sinal	Autores							
			Quate e Douglas (1996)	Walters e Cervero (2003)	Chu (2004)	Kuby <i>et al.</i> (2004)	Anspacher (2005)	Brons <i>et al.</i> (2008)	Debrezion <i>et al.</i> (2009)	Sohn e Shim (2010)
Motivo da viagem	Trabalho, escolar, negócio pessoal, lazer ou outras	*				x				
Integrações intermodais / Acessibilidade veicular	Ônibus alimentadores, vagas de estacionamento, bicicletário e ciclovias.	+	x	x		x	x	x	x	x
Acidentes	Número de mortes por atropelamento	-								x
Acessibilidade a pé	Distância, conectividade e qualidade de caminhada.	*	x		x	x			x	x
Concorrência	Linhas de ônibus concorrentes.	-								x

\* Não se aplica: depende do indicador escolhido para mensurar a variável.

**Quadro 4.8:** Variáveis de influencia na mobilidade ferroviária do fator Transporte segundo a bibliografia (2011 - 2015)

Indicadores	Descrição	Sinal	Autores							
			Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)	Gonçalves <i>et al.</i> (2012a)	MTI (2012)	Frei e Mahmassani (2013)	Dong <i>et al.</i> (2013)	Duduta (2013)	Durning e Townsend (2015)	Hsu, <i>et al.</i> (2015)
Motivo da viagem	**	*			X		X			X
Destino da Viagem	Área central ou subúrbios	*			X					
Integrações Intermodais / Acessibilidade Veicular	**	+	X	X	X			X	X	
Congestionamento de vias rodoviárias	Incentivo ao transporte ferroviário.	+		X						
Acessibilidade a pé	**	*				X	X	X		
Valor da Gasolina	Incentiva o uso de transporte público.	+				X				

\* Não se aplica: depende do indicador escolhido para mensurar a variável.

\*\* Já descrito anteriormente

A importância do fator Sistema Ferroviário, que está estritamente ligado ao Nó, pode ser observada pela importância dada por suas variáveis na revisão bibliográfica. Dos 20 estudos analisados, 18 contemplaram esse fator. Somente Kuby *et al.* (2004) utilizaram 5 variáveis relacionadas à oferta.

Passageiros de ônibus e de trens valorizam muitas das mesmas variáveis, tais como qualidade de serviço, conectividade e integração (MTI, 2012). Apesar de Frei e Mahmassani (2013) terem analisado o sistema rodoviário, a variável preço e qualidade de serviço utilizada por esses, pode ser aplicada ao sistema sobre trilhos.

Essa variável também se mostra relevante por ser de possível intervenção por parte da empresa operadora do serviço e por ter sido considerada em sete dos estudos mais recentes da revisão bibliográfica (Quadro 4.8).

O preço é analisado juntamente com a qualidade de serviço devido aos usuários, muitas vezes, realizarem um balanço entre o serviço que é oferecido e o valor que é cobrado, ou seja, o custo-benefício desse modal, comparando-o com os demais. Para mensurar essa variável Hsu, *et al.* (2015) utilizaram os atributos custo e tempo de viagem. O tempo de viagem pode ser mensurado da estação até o destino principal, ou ainda, por meio de um somatório de todos os tempos de viagens de uma estação a todas as demais estações da rede.

Outros indicadores podem ser utilizados, tais como pontualidade do serviço; tempo de espera; nível de congestionamento; facilidades na compra do bilhete; taxa de ocupação dos trens; informação; climatização; atendimento (simpatia); limpeza; e fornecimento ou não de wi-fi (DEBREZION *et al.*, 2009; BASU e HUNT, 2012; MTI, 2012 e BROWN *et al.*, 2013).

Duduta (2013) incluíram na análise a presença de linha direta para o centro da cidade que analisa simultaneamente o tempo de viagem e o conforto por não ter que realizar baldeação para esse destino.

É possível fazer associações entre a variável frequência dos trens com a qualidade de serviço, como se fosse um atributo dessa variável. No entanto, optou-se por analisá-la separadamente, uma vez que está diretamente relacionada ao Nó e induz em diferentes atributos, tais como tempo de viagem e taxa de ocupação. Relacionada à

oferta de trens, apresenta grande influencia na mobilidade ferroviária e deve estar em equilíbrio com a demanda de passageiros.

A variável conectividade recebe destaque não apenas pela sua frequência de utilização diante as demais do Sistema Ferroviário, mas também pelo alto poder explicativo que essa apresenta para a geração de viagens e consequente aumento da mobilidade. Contemplada por treze autores (Quadros 9 e 10), manifestou coeficientes significativos nas correlações em que foi utilizada.

Essa variável mensura a conectividade de uma estação com as demais da rede podendo ser calculada, por exemplo, a partir do número de ramais que circulam em cada estação e das facilidades para a troca de ramal (DUDUTA, 2013 e ANDRADE *et al.*, 2014). Apresenta influência tanto na acessibilidade a demais estações quanto na qualidade de serviço, com a redução de tempo (GUTIÉRREZ *et al.*, 2011; BASU e HUNT, 2012).

Os resultados dos estudos do MTI (2012) indicaram que mais conexões diretas aos centros de emprego e conectividades que facilitem acessar esses destinos aumentaria a utilização do transporte por passageiros de BRT e trens suburbanos, apesar das áreas centrais de negocio serem um destino mais importante para os passageiros ferroviários

Durning e Townsend (2015) também encontraram uma associação positiva entre a variável conectividade e a mobilidade: as estações que oferecem mais opções para viagens tendem a atrair mais passageiros.

**Quadro 4.9:** Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Sistema Ferroviário segundo a bibliografia (1996 - 2010)

Indicadores	Descrição	Sinal	Autores							
			Quate e Douglas (1996)	Walters e Cervero (2003)	Chu (2004)	Kuby <i>et al.</i> (2004)	Anspacher (2005)	Brons <i>et al.</i> (2008)	Debrezion <i>et al.</i> (2009)	Sohn e Shim (2010)
Preço e qualidade de serviço	Tarifa; congestionamento; pontualidade; tempo; facilidades; Taxa de ocupação; informação; climatização; atendimento; limpeza e Wi-Fi.	*1				x	x	x	x	
Estação terminal	Abrangência da área de influência.	+	x			x				
Distância entre estações / densidade	Concorrência entre as estações	*2	x			x				
Conectividade de	Número de linhas em cada estação, de transferências necessárias para a viagem e acessos (relação com a integração dos transportes).	*1	x	x	x	x		x		x
Frequência de trens	Tempo de espera e capacidade	-		x		x		x	x	
Tecnologia	Tipo de veículo que interfere na capacidade, conforto e velocidade	*1		x						

\* Não se aplica: 1 - Depende do indicador usado para mensurar a variável; 2 - Pode assumir características de uma parábola.

**Quadro 4.10:** Variáveis de influência na mobilidade ferroviária do fator Sistema Ferroviário segundo a bibliografia (2011 - 2015)

Indicadores	Descrição	Sinal	Autores									
			Gutiérrez <i>et al.</i> (2011)	Basu e Hunt (2012)	Gonçalves <i>et al.</i> (2012a)	MTI (2012)	Brown <i>et al.</i> (2013)	Duduta (2013)	Frei e Mahmasani (2013) ***	Andrade <i>et al.</i> (2014)	Durning e Townsend (2015)	Hsu, <i>et al.</i> (2015)
Preço e qualidade de serviço	**	*2		x	x	x	x	x	x			x
Estação terminal	**	+			x			x				
Distância entre estações / densidade	**	*2						x		x	x	
Conectividade	**	*1	x	x	x	x		x		x	x	
Funcionamento exclusivo em horário de pico	Importância da estação na rede	-									x	

\* Não se aplica: 1 - Depende do indicador usado para mensurar a variável; 2 - Pode assumir características de uma parábola.

\*\* Descrito anteriormente

\*\*\* Aplicado ao sistema rodoviário, mas adaptável ao ferroviário.

#### 4.4. Fatores e variáveis relevantes no caso brasileiro

Devido as especificidades brasileiras, os fatores e variáveis indicados na bibliografia internacional podem apresentar diferentes influências na mobilidade ferroviária observada em nossas cidades.

Conforme indicado no capítulo 1.2, no Brasil, menos de 4% do total de viagens são realizadas sobre trilhos (ANTP, 2014). No que se refere aos trens, esses normalmente oferecem uma menor capacidade em relação à esperada para a mobilidade, caracterizando uma subutilização da infraestrutura (GONÇALVES *et al.* 2012a).

Esse modo tipicamente serve áreas periféricas e apresenta favela no entorno, locais onde residem os segmentos populacionais mais pobres e que podem estar sujeitos à imobilidade, consequência não apenas da renda, mas também das condições de acesso.

Apesar dos atuais investimentos (KOCH *et al.*, 2013 e SANTOS, *et al.*, 2015), o sistema ferroviário brasileiro ainda apresenta imagem negativa; oferece serviços pouco qualificados; além de ser pouco integrado com demais transportes que, muitas vezes, atuam como concorrentes.

Identificar o papel das variáveis na geração de viagens ferroviárias brasileiras pode auxiliar no direcionamento dos investimentos que visam fortalecer esta modalidade, resgatando a demanda dos trens e contribuindo para o surgimento de cidades mais sustentáveis.

Andrade *et al.* (2014) incluíram o estudo da presença da favela para a análise da mobilidade ferroviária no Brasil. No país a favela é definida por ser um aglomerado subnormal com mais de 509 unidades domiciliares e, portanto, pode ser considerada como um Polo Gerador de Viagens em potencial. Vários estudos e legislações municipais classificam empreendimentos residenciais com mais de 200 unidades habitacionais como Polo Gerador de Viagens (GRIECO *et al.*, 2012).

A presença dessas favelas que apresentam alta densidade poderiam interferir positivamente na geração de viagens. No entanto, a baixa renda, as restrições ao acesso e de qualidade de serviço fornecida, a falta de segurança e a imagem negativa, podem

contribuir para uma imobilidade ferroviária. Pouco estudada, é importante analisar a contribuição desses territórios para a geração de viagens ferroviárias, avaliando essas características, em especial a variável renda, juntamente com o porte da favela.

Para análise das variáveis que contribuem para o aumento da mobilidade em um determinado sistema de transporte podem ser realizadas correlações. No entanto, alguns dos dados ainda são de difícil aquisição para a maioria das cidades do mundo em desenvolvimento, tornando difícil a aplicação (DUDUTA, 2013).

Em metrópoles brasileiras o mais comum é a disponibilidade de dados por bairros, sendo difícil a mensuração no entorno da estação por parte do pesquisador, na medida em que requer recursos e tempo. Um alternativa para a análise do Lugar seria utilizar os dados disponibilizados por bairros que demonstraram na bibliografia ter grande relação com a geração de viagens, tal como população e emprego.

Em estudos aplicados no Brasil, foram encontradas altas correlações entre emprego e as taxas de embarque e desembarque, demonstrando a importância dessa variável para a mobilidade no país. A população, no entanto, não apresentou a contribuição esperada para a geração de viagens (GOLÇALVES *et al.*, 2012 e ANDRADE *et al.*, 2014).

A baixa correlação entre a variável população e as taxas de embarque e desembarque pode ser também em função de uma oferta ferroviária incompatível com a demanda. Para tal análise deve-se identificar os fatores relacionados ao Nó, ou seja, Sistema ferroviário e demais fatores do Transporte, capazes de quantificar a acessibilidade a estações de trem.

Dentre os fatores do Sistema ferroviário, a conectividade (número de ramais) é uma variável de possível mensuração, mesmo em locais com pouca disponibilidade de dados e recursos. Ademais, essa também apresenta grande influência para a mobilidade ferroviária no Brasil (ANDRADE *et al.*, 2014).

Em relação ao fator transporte, apesar de sua importância, a pouca disponibilidade de dados em cidades brasileiras pode dificultar a análise da acessibilidade. Duduta (2013), com uma dificuldade semelhante, substituiu a frequência das linhas alimentadoras pelo número de linhas.

No entanto, no Brasil apesar de serem fornecidas informações referente ao número de linhas que fazem conexões com estações, muitas vezes por questões políticas, linhas de ônibus convencionais atuam como concorrentes do sistema ferroviário e não alimentadoras. Uma alternativa seria a análise da integração com sistemas de média e grande capacidade, tal como o BRT e o metrô, que tendem a apresentar um melhor planejamento e, portanto, menor concorrência com o trem.

Em locais onde a demanda em potencial pode não corresponder a demanda real, faz-se necessário a análise da correlação entre as taxas de embarque e desembarque atuais com dados do uso do solo. Assim é possível verificar as estações com entorno mais problemático, para junto com a análise de demais variáveis, investigar a causa da imobilidade.

Na análise da mobilidade brasileira, os fatores socioeconômicos também apresentam suas particularidades. Mesmo havendo um equilíbrio entre a demanda e oferta, questões individuais podem interferir na geração de viagens de modo distinto do observado na bibliografia internacional. Esse fator, somado ao ambiente urbano, pode fazer com que a demanda em potencial calculada a partir do uso do solo não seja compatível com a real e talvez, por isso também, a baixa correlação entre a população e a geração de viagens.

Alguns dados socioeconômicos, tais como renda, IDS (Índice de Desenvolvimento Social) e IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) também são disponibilizados por bairros em metrópoles brasileiras, sendo de possível aplicação. A análise desses dados além de indicar a contribuição desses para a mobilidade ferroviária, podem também verificar a contribuição do trem para o desenvolvimento socioeconômico das áreas do entorno das estações (ANDRADE *et al.*, 2014).

No Brasil não são encontradas altas correlações entre a renda e as taxas de embarque e desembarque, o que pode sugerir que pela baixa qualidade de serviço prestado pelos sistema ferroviários, os indivíduos que não são dependentes desse modal priorizem outro modo de transporte, ou ainda, que parte da população apresenta uma imobilidade geral, podendo estar segregada espacialmente (GONÇALVES *et al.*, 2012a e ANDRADE *et al.*, 2014).

Por esse motivo, para o estudo de o quanto as populações no entorno das estações estão propensas à segregação espacial, também é importante incluir na classificação das estações uma análise da mobilidade por todos os modos motorizados.

Dentre as variáveis das características urbanas que estimulam ou desestimulam viagens alterando a demanda em potencial, pode-se destacar, no caso brasileiro, a variável segurança. Embora contemplada em apenas dois artigos analisados, pode haver uma maior influencia dessa nos países em desenvolvimento. Segundo Lucas (2011) e Gonçalves *et al.* (2012a), a falta de segurança é um problema mais frequente para a população de baixa renda e pode se configurar como um fator limitador de viagens.

A ausência do Estado e possíveis guerras pelo controle do território presenciadas em algumas favelas, também podem fazer com que essa variável tenha um influente papel na mobilidade das estações com a presença dessas comunidades no entorno.

A importância dessa variável é reforçada pelo fato dela ser de possível intervenção, tanto do governo quanto da empresa operadora do serviço ferroviário. No entanto, para a aplicação em países em desenvolvimento, onde essas podem apresentar uma maior influência, pode ser uma variável de difícil mensuração devido à disponibilidade restrita de dados confiáveis.

#### **4.5. Considerações finais**

Os fatores observados na revisão bibliográfica devem ser contemplados de forma articulada e integrados para que seja possível identificar soluções que visem a melhoria na acessibilidade e uma maior mobilidade urbana (ANDRADE *et. al*, 2014).

A identificação dos aspetos locais e do sistema de transporte que interferem diretamente nas taxas de embarque e desembarque de estações ferroviárias não apenas podem auxiliar na previsão de viagens futuras e compreensão da função exercida pelas favelas no ambiente urbano, como também apontar as variáveis mais indicadas para a avaliação do equilíbrio entre a oferta de serviços e a demanda de transporte.

A partir da revisão bibliográfica é possível afirmar que os fatores Uso do Solo, Transporte e Sistema Ferroviário se destacaram pela alta influência na mobilidade ferroviária, estando o primeiro relacionado ao Lugar (demanda) e os dois últimos ao Nó(oferta).

As variáveis população e emprego se sobressaíram internacionalmente como aspectos do Lugar, já que podem expressar de forma eficaz a intensidade das atividades, embora, no Brasil, não terem sido encontradas grandes correlações entre a densidade populacional e a geração de viagens. Nos casos em que há dificuldades em identificar a densidade real no entorno da estação, uma alternativa é, assim como Duduta (2013), analisar o índice de densidade, ou ainda, identificar a população e empregos totais do bairro onde a estação está inserida.

Considerando a revisão bibliográfica, a baixa disponibilidade de dados e a confiabilidade dos disponíveis nos países em desenvolvimento, em relação ao Sistema Ferroviário, destacam-se as variáveis conectividade e qualidade de serviço, no qual o número de ramais em cada estação e o tempo de viagem podem ser mensurados sem grandes recursos e apresentaram importante influência na mobilidade.

Em relação ao fator Transporte, que apresenta algumas variáveis estritamente associadas ao Nó, por possuírem características da oferta, se destaca a variável integrações intermodais / acessibilidade veicular por sua alta influência na geração de viagens ferroviárias nos estudos consultados.

O fator Ambiente Urbano, que apresenta características do Lugar, apesar de pouco contemplado pela bibliografia, não demonstrou uma menor importância. A variável TOD tem uma grande contribuição para a mobilidade, não apenas para os modos de alta capacidade, mas também para os não motorizados. No entanto, para aplicações no Brasil não é recomendado sua análise, na medida em que esse conceito está pouco difundido no país.

A variável favela se destaca na análise da mobilidade ferroviária brasileira, na medida em que apresenta particularidades na morfologia urbana que podem influenciar negativamente na geração de viagens, apesar de apresentar potencial para gerar viagens.

O fator socioeconômico não apresenta uma relação direta com a oferta e com a demanda em potencial das viagens, mas a partir desse, é possível estipular a demanda

real. Chamou atenção pelo número de variáveis capazes de mensurá-lo, assim como pela frequência de utilização dessas, apesar de no Brasil, não apresentarem altas correlações com a mobilidade.

As variáveis renda, IDH e IDS recebem destaque por sua disponibilidade de dados e por no Brasil apresentarem diferentes correlações das apresentadas na bibliografia internacional, principalmente a renda, que no Brasil demonstrou pouca correlação com a mobilidade ferroviária, sendo de interesse para investigação quanto aos motivos para tal discrepância.

Variáveis desse fator não foram contempladas de forma explícita nos modelos de classificação de estações de acordo com a capacidade dessas gerarem ambientes sustentáveis analisados (BERTOLINI , 1999; HYNYNEN, 2005; BERTOLINI, 2008; PAPA et al , 2008 e REUSSER *et al.*, 2008) com ressalva de Silva (2013), que após aplicação do método Nó-Lugar, analisou a relação das classes geradas com o IDH. A autora sugere ainda a análise de outros índices, tais como os índice de Desenvolvimento Humano Ajustado à Desigualdade (IDHAD), Índice de Desigualdade de Gênero (IDG) e Índice de Pobreza Multidimensional (IPM).

Principalmente em países em desenvolvimento, é de fundamental inserção a análise de variáveis socioeconômicas para a investigação da capacidade da estação em gerarem ambientes sustentáveis. Como o modelo Nó-Lugar Bertolini (1999) analisa o equilíbrio entre a oferta e a demanda gerada pelas atividades, essas variáveis podem ser estudadas separadamente, identificando a relação com as classes de estações geradas.

## **5. CLASSIFICAÇÃO DE ESTAÇÕES FERROVIÁRIAS: MODELO NÓ-LUGAR**

### **5.1. Caracterização do Modelo**

Quando aplicado para as cidades, a abordagem da mobilidade sustentável tende a mostrar dificuldades em mensurar a articulação dos sistemas de transporte com o uso do solo. Existe uma necessidade de compreender melhor as potencialidades, limitações e possibilidades de mudanças determinadas pelas características locais (BERTOLINI, 1999 e 2008).

Nesse sentido, Bertolini (1999) desenvolve um procedimento metodológico para a classificação de estações quanto a capacidade dessas de gerarem ambientes sustentáveis por meio da integração entre o transporte e o uso do solo, expressa nas estações pelo equilíbrio entre o Nó e o Lugar.

O índice Nó descreve as atividades de transporte restritas ao sistema ferroviário, mas também as conexões da estação de trem para outros locais de interesse por outros modos de transporte (REUSSER, 2008), tal como as redes rodoviárias que alimentam diferentes estações em diferentes escalas regionais (HYNYNEN, 2005).

O Lugar descreve o potencial para o desenvolvimento e a qualidade do ambiente mensurados a partir do uso do solo (intensidade e diversidade das atividades), que determinam a demanda em potencial por transporte em cada estação.

As estações de trem, ao mesmo tempo em que funcionam como Nós na rede, por oferecerem recursos de transporte, também são Lugares da cidade devido à diversidade de atividades em seu interior que podem atrair viagens. Essas se destacam pela importância não apenas nas redes de transporte, mas também nas de negócios e consumo, influenciando nas dinâmicas locais e regionais (QAMHIEH, 2012).

Aquelas com integração com demais modais tendem a ter os dois índices potencializados, na medida em que apresentam maior oferta de transporte e, por exigirem uma maior infraestrutura, também tendem a ter uma maior oferta de serviços, atraindo mais viagens.

Quanto maior o índice Nó de uma estação de trem, maior será o desenvolvimento esperado em seu entorno, já que a acessibilidade e a oferta ferroviária devem ser aproveitadas como uma oportunidade para o desenvolvimento (SILVA, 2013). Quando o Nó é compatível com o Lugar se admite que há uma otimização quanto a utilização dos recursos disponíveis (BRUINSMA *et al.*, 2008).

Não só um alto índice Nó atrai as atividades, como também as atividades demandam uma maior oferta de transporte. Segundo Hynynen (2005) Lugares que apresentam potencialidades locais tais como recursos naturais, pessoas qualificadas, instituições, história e cultura atraem uma maior oferta de redes técnicas.

A partir da análise do equilíbrio entre o Nó e o Lugar (BERTOLINI, 1999) podem ser identificadas cinco classes de estações (Figura 5.1):

- a) Estações equilibradas (EE) - Os valores de nó e lugar são igualmente fortes, apresentando boa integração entre a oferta de transporte ferroviário disponibilizada na estação e a demanda de viagens oriundas das atividades adjacentes a ela;
- b) Estações problemáticas (EP) - São aquelas em que o potencial para o desenvolvimento do uso do solo e dos transportes se aproxima da saturação;
- c) Estações dependentes (ED) - Apresentam baixa oferta de transporte e baixa intensidade de atividades;
- d) Estações de nós desequilibrados (ND) - O índice nó é superior ao lugar, ou seja, a oferta de transporte não é devidamente aproveitada pelas atividades urbanas existentes no lugar, o que poderia justificar seu adensamento; e
- e) Estações de lugares desequilibrados (LD) - O índice lugar é superior ao nó, o que pode demonstrar uma carência por recursos ou que outros modos de transporte são priorizados (BERTOLINI, 1999 e 2008).

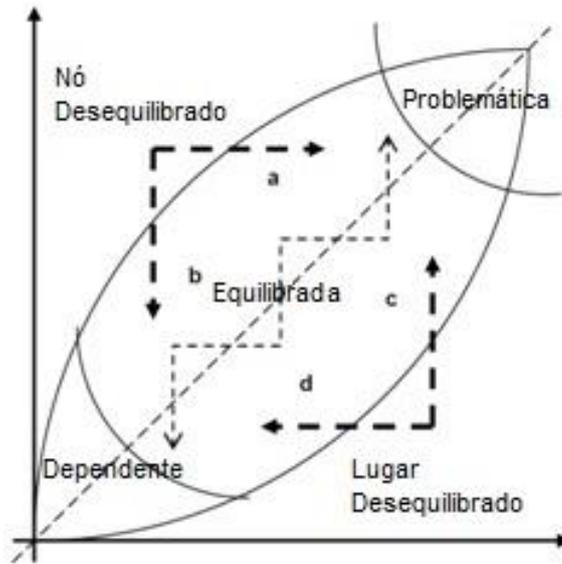


Figura 5.1: Modelo Nó-lugar. Adaptado de Bertolini (2008)

Apesar de se apresentarem como desequilibradas, as duas últimas classes de estações são de grande interesse para planejadores e governos, já que sem elas não haveria necessidade de mudanças (BERTOLINI, 1999).

Essas mostram uma forte tendência em buscar o equilíbrio, o que pode acontecer em duas formas diferentes: um Nó Desequilibrado (ND) pode tanto aumentar o seu valor de Lugar, por exemplo, por meio de uma maior oferta de empregos no entorno das estações, ou ainda diminuir seu valor de Nó, que pode ser realizado com a redução da frequência do serviço de trens. Um raciocínio inverso pode ser aplicado a estações com Lugares Desequilibrados, ou seja, diminuir o valor de Lugar ou aumentar o valor do Nó (BERTOLINI 1999 e 2008).

A decisão de aumentar ou diminuir o Nó e o Lugar depende dos objetivos almejados e das especificidades locais, já que distintos sistemas podem reagir de diferentes maneiras e ter diferentes necessidades (BERTOLINI, 2008).

## 5.2. Reproduções

Na revisão da literatura foram contemplados outros 5 estudos que utilizam Bertolini (1999) como base para seus procedimentos, que também classificam estações de acordo com o equilíbrio entre o Nó e o Lugar.

As reproduções do modelo de Bertolini (1999) contemplados foram: Silva (2013), Bertolini (2008), Papa *et al.* (2008), Reusser *et al.* (2008) e Hynynen (2005).

Transformações não planejadas no uso do solo a partir de uma ocupação desordenada tendem a ser mais comuns em cidades de países em desenvolvimento. Por tais mudanças de padrões urbanos, são mais carentes de adaptação dos sistemas de transporte ao uso do solo na tentativa de promover uma mobilidade mais sustentável. No entanto, dentre os estudos analisados, apenas Silva (2013) foi aplicado em um país em desenvolvimento (Brasil).

Todos os demais estudos, incluindo o Bertolini (1999) realizado na Holanda, foram aplicados em estações ferroviárias de países europeus: Suécia (BERTOLINI, 2008), Itália (PAPA *et al.*, 2008), Suíça (REUSSER *et al.*, 2008) e Finlândia (HYNYNEN, 2005).

Devido às particularidades de cada ambiente e a disponibilidade de dados, diferentes autores adotaram distintos indicadores para mensurar os índices Nó e Lugar (Quadro 5.1).

No índice Nó estão os indicadores capazes de mensurar diretamente a oferta de transporte ferroviário e a acessibilidade à estação, seja por transporte motorizado ou não. Esse foi organizado em dois fatores: Sistema Ferroviário e Transportes.

Já no índice Lugar estão os indicadores que traduzem o tipo, a diversidade e a intensidade das atividades, nesse caso sendo organizados em Uso do Solo.

As variáveis utilizadas na revisão bibliográfica e que no atual estudo entende-se como sendo pertencentes ao fator Ambiente Urbano foram classificadas como índice Nó e Lugar.

Papa *et al.* (2008) utilizaram a variável valor da propriedade como sendo um atributo do Lugar. No entanto, essa variável além de influenciar nas atividades no entorno da estação, também pode ter relações com as taxas de motorização da população residente e na oferta de infraestrutura da cidade, incluindo oferta de transporte. Um exemplo são as favelas, que apresentam um baixo valor da propriedade e também difíceis condições de acesso.

Com a mesma lógica utilizada no capítulo 4, a variável distância para o centro da cidade também foi classificada como ambiente urbano, na medida em que apresenta características tanto da oferta de transporte, quanto da intensidade das atividades.

A frequência de passageiros foi classificada como possuindo atributos tanto do Nó quanto do Lugar, na medida em que também é influenciada pela oferta de transporte e pelas atividades realizadas no entorno das estações, sofrendo influência de todas as variáveis revisadas no capítulo 4.

Nenhum autor da revisão bibliográfica utilizou variáveis do fator Socioeconômico no modelo Nó-Lugar de forma explícita, apesar de Hynynen (2005) ter considerado a inclusão social a partir da variável "amplitude de banda larga para telecomunicações" e de Silva (2013) ter analisado, posteriormente à aplicação, a relação das classes geradas com o IDH do entorno de cada estação.

Sabe-se que características socioeconômicas, tal como a renda, podem influenciar na demanda real das atividades, todavia, não são consideradas como Lugar por não expressar de forma direta a diversidade e intensidade das atividades. Essas devem ser analisadas de forma paralela ao modelo.

Assim como a variável segurança do fator Ambiente Urbano que, apesar de influenciar nas taxas de embarque e desembarque das estações, é uma característica do ambiente que não é capaz de mensurar as atividades.

Essas variáveis poderiam justificar, parcialmente, o fato de algumas favelas não apresentarem uma oferta de transporte compatível com o seu grau de densidade ocupacional, contribuindo para a exclusão espacial, devendo assim, serem analisadas.

Segundo Hynynen (2005) o oferecimento de banda larga para conexão em altos valores em locais de menor atratividade poderia auxiliar na inclusão social na medida

em que atrairia empresas, que já não passariam a ter que arcar com os custos de instalação do serviço e incluiria digitalmente os residentes. Para o autor, a oferta de banda larga seria uma variável do Nó, já que buscaria um equilíbrio com a intensidade das atividades.

No presente estudo não foi considerada como variável do índice Nó (Quadro 5.1) por acreditar que essa não representa, de forma direta, uma oferta de transporte ferroviário (fator Sistema Ferroviário) e nem de acessibilidade (fator Transporte).

Em relação ao índice Lugar, assim como na análise dos fatores que influenciam na mobilidade ferroviária (revisão bibliográfica do capítulo 4), se destacaram pela frequência de uso as variáveis população e empregos adotadas por todos os autores (Quadro 5.1).

No índice Nó as variáveis frequência dos trens e acesso a vias expressas foram ambas abordadas por 4 estudos, sendo que Silva (2013) ao analisar o número de lugares ofertados, abordou indiretamente essa variável juntamente com o tamanho da composição.

A variável tempo de viagem foi utilizada por todos os estudos de autoria ou coautoria de Bertolini (Quadro 5.1) e se expressou eficiente em mensurar a oferta de transporte, mesmo quando foi a única variável do índice Nó utilizada, o que demonstra o seu potencial para a simplificação do modelo proposto primeiramente em 1999 (PAPA *et al.*, 2008).

Bertolini (1999) utilizou 11 variáveis, só perdendo em complexidade do modelo em relação ao número de variáveis usadas para Reusser *et al.* (2008). Das utilizadas por Bertolini (1999) oito foram para mensurar o Nó e três para o Lugar. Indicadores semelhantes foram utilizados em Bertolini (2008), porém, sem a análise da frequência de outros modos de transporte público (Quadro 5.1).

Bertolini (2008), Papa *et al.* (2008), Reusser *et al.* (2008) e Silva (2013) realizaram uma normalização das variáveis do Nó e do Lugar analisando-as em uma escala de 0 a 1, a fim de facilitar a análise no gráfico gerado (Figura 1), não criando distorções.

**Quadro 5.1 - Variáveis dos índices Nó e Lugar**

			<b>Bertolini (1999)</b>	<b>Hynynen (2005)</b>	<b>Bertolini (2008)</b>	<b>Papa et al (2008)</b>	<b>Reusser et al. (2008)</b>	<b>Silva (2013)</b>
<b>Índice Nó e Lugar</b>	Ambiente Urbano	Distância para o centro da cidade (centralidade)					x	
		Frequência de passageiros						x
		Valor da propriedade				x		
<b>Índice Lugar</b>	Uso do solo	Diversidade do uso do solo	x	x	x	x	x	
		População	x	x	x	x	x	x
		Empregos / Empresas	x	x	x	x	x	x
		Comércio					x	
		Área construída				x		
		Instituições de ensino e salas de conferências					x	
<b>Índice Nó</b>	Transporte	Acessibilidade por bicicleta	x		x		x	
		Acesso a vias expressas	x	x	x		x	
		Capacidade do estacionamento de automóveis e bicicletas	x		x			
		Estações terminais com integração com ônibus ou VLT	x		x		x	
		Frequência de outros modos de TP	x				x	
	Sistema Ferroviário	Direções atendidas pelo trem	x		x		x	
		Frequência de trens	x	x	x		x	
		Capacidade (lugares ofertados)						x
		Tipo de serviços					x	
		Conexão com redes ferroviárias		x				
		Tempo de viagem	x		x	x		

Nas aplicações de Bertolini (1999 e 2008) tanto o índice do Nó quanto o Lugar foram calculados a partir de combinações de variáveis (Quadro 5.1) em uma análise multicriterial (MCA - *multicriteria analysis*), sem especificar o peso de cada variável no índice final gerado.

Papa *et al.* (2008) analisaram as mudanças no sistema de transporte e no uso do solo de Nápoles entre os anos 1991 e 2004, com objetivo de identificar como cada estação de trem se adaptou a alterações no uso do solo, proporcionando melhores condições de conectividade.

Utilizaram 5 indicadores no total. Na análise do Nó foi usado apenas o tempo de viagem. Para mensurar essa variável Bertolini (1999 e 2008) realizaram uma abordagem simples consideraram o número total de estações acessíveis por 20 e 45 minutos de viagem respectivamente.

Já Papa *et al.* (2008) realizaram um somatório do tempo de viagem de cada estação para todas as demais do sistema. Esse caracterizou-se por ser de grande importância por considerar, de forma eficiente, a acessibilidade das estações em uma análise única.

Essa variável foi calculada a partir da equação 5.1:

$$T = \frac{\sum_{j=1}^n t_{ij}}{\sum_{ij} t_{ij}} \quad (5.1)$$

Onde:

T = Tempo de viagem

$t_{ij}$  = tempo de acesso a rede da estação  $i$  até a estação  $j$ ; e

$n$  = o número total de estações.

Após o cálculo de todas variáveis expostas no Quadro 5.1, os autores realizaram diferentes aplicações do modelo Nó-Lugar, onde a variável explanada acima foi utilizada no eixo y em todos os modelos, expressando o que chamaram de índice da rede. Foi realizada tanto uma análise dos anos separadamente (1991 e 2004), quanto a variação no período em estudo (diferença do tempo de viagem entre os anos 1991 e 2004).

Dentre as variáveis usadas por Papa *et al.* (2008) para o índice Lugar, as variáveis total da população e o valor da propriedade se demonstraram as mais eficazes em expressar a demanda de viagens oriunda das atividades.

A primeira variável estaria associada ao Uso do Solo e a segunda ao Ambiente Urbano. Não foram aplicadas juntas em um mesmo modelo por meio de MCA, sendo gerado 3 modelos para cada variável, na medida em que, assim como para o índice Nó, foi utilizado tanto os valores totais de cada ano, quanto a variação do período em análise.

Para quantificar o Nó e o Lugar, Reusser (2008) somou todos os valores das variáveis de cada índice.

A variável frequência de passageiros, considerada como fator Ambiente Urbano no presente estudo, foi utilizada como diferentes índices pelos autores. Reusser (2008) a utiliza como índice Nó, compreendendo que essa apresenta características da oferta de transporte, enquanto Silva (2013), acreditando que essa seria um reflexo das atividades exercidas e, portanto, um atributo do uso do solo, a classifica como Lugar.

Silva (2013) que aplicou o modelo no ramal de Santa Cruz, Rio de Janeiro, considerou como Estações Dependentes aquelas com índice Nó e Lugar abaixo de 0,199, enquanto aquelas que apresentaram ambos os índices acima de 0,8 foram classificadas como Problemáticas. As que apresentaram os índices Nó e Lugar entre 0,2 e 0,799 foram consideradas como Estações Equilibradas.

A autora introduziu a variável capacidade (número de lugares ofertados), que leva em consideração a frequência dos trens e o número e tamanho das composições. As variáveis do Lugar foram analisadas separadamente em cada modelo, não havendo uma análise multicriterial e nem soma, o que pode auxiliar na identificação da melhor estratégia em busca do equilíbrio para cada estação.

### 5.3. Considerações Finais

Os métodos de classificação das estações quanto a capacidade de gerarem ambientes sustentáveis consideram a integração entre transporte e uso do solo, que pode ser representada pelo equilíbrio entre a oferta disponibilizada em cada estação (Nó) e a demanda de viagens derivada das atividades adjacentes (Lugar), que indicam o grau de aproveitamento deste recurso público existente. A partir das classes geradas é possível identificar as melhores estratégias para cada estação a fim de atingir o equilíbrio.

Diferente da bibliografia contemplada no capítulo 4, todos os estudos internacionais consultados que aplicaram o modelo Nó-Lugar considerando outros modais de transporte público, não questionaram de forma explícita a hipótese desses se comportarem como concorrentes do modo ferroviário, não contribuindo, dessa forma, para a alimentação das estações e, conseqüentemente, para geração de ambientes mais sustentáveis.

No entanto, é importante frisar que todos os estudos que consideram outros transportes foram aplicados em países europeus, onde se acredita haver uma menor concorrência entre os modais.

A análise do tempo de viagem proposta por Papa *et al.* (2008) demonstrou, sem perder a capacidade de mensurar o Nó, uma potencialidade em simplificar o modelo, podendo inclusive ser aplicado em locais com menores disponibilidade de dados.

Essa variável além de mensurar a frequência dos trens, analisa também a conectividade da estação com as demais da rede e o tempo de espera nas estações de transbordo.

Ainda em relação ao índice Nó, a variável capacidade (número de lugares ofertados) introduzida por Silva (2013), apesar de não contemplada na revisão bibliográfica do capítulo anterior, se demonstrou eficaz no modelo Nó-Lugar, já que mensura de forma eficiente a oferta ferroviária.

Em relação ao índice Lugar, assim como as variáveis população e emprego se demonstraram de grande influência para a mobilidade ferroviária na bibliografia

internacional consultada no capítulo 4, essas também apresentaram grande valor para quantificar a demanda de viagens expressa pelo uso do solo.

Nenhuma variável do fator Socioeconômico foi utilizada de forma direta nos modelos analisados e dentre esses também não há uma preocupação explícita com a presença de favelas e com a inclusão social, com exceção do Hynynen (2005), que devido ao distinto contexto socioeconômico, não mensura a exclusão a partir das taxas de imobilidade, mas sim da oferta de banda larga.

Não aconselha-se utilizar a variável frequência de viagens, classificada como Ambiente Urbano, na aplicação do modelo Nó-Lugar, por essa apresentar características tanto do uso do solo como da oferta de transporte. No entanto, seus valores podem ser considerados em uma análise paralela identificando a mobilidade nas estações e as relações dessa com as classes geradas nos modelos adaptados de Bertonili (1999).

Supõe-se que com as particularidades brasileiras, a aplicação dos modelos sem uma adequada simplificação para adequar às restrições de dados; e sem uma inserção da análise da presença de favelas e taxa de imobilidade, pode gerar resultados que direcionem para estratégias menos apropriadas.

## **6. METODOLOGIA**

### **6.1. Concepção da proposta**

A revisão bibliográfica do capítulo 2 permitiu melhor compreender a relação entre a inacessibilidade e a exclusão social e a do 3 possibilitou identificar as potencialidades do sistema ferroviário, quando integrado ao uso do solo, em auxiliar na promoção de uma mobilidade mais sustentável.

Analisando os métodos de classificação de estações quanto à capacidade dessas em gerarem ambientes sustentáveis (capítulo 5), com exceção de Silva (2013), todos foram aplicados em países desenvolvidos.

Surgiu a necessidade de elaborar um método que considere, de forma explícita, os problemas sociais mais comuns em países em desenvolvimento.

Como a mobilidade sustentável deve permitir acesso de todos os indivíduos aos sistemas de transportes, esse método insere a análise da presença da favela, que devido a características locais, pode apresentar menor acessibilidade.

Para promover uma inclusão espacial de seus moradores por meio do acesso ao sistema ferroviário, é necessário compreender os fatores que geram mobilidade nesses sistemas e as particularidades das estações mais propensas a imobilidade. Assim, estas também serão classificadas quanto a esse aspecto.

Em função de possíveis restrições de acesso a estações; serviço de má qualidade; imagem desfavorável; e baixa capacidade ofertada pelo sistema ferroviário, concomitante a uma competição indevida com outros modais de menor capacidade; juntamente a análise da imobilidade, serão identificadas as estações subutilizadas.

Estações classificadas como equilibradas pelo método de Bertolini (1999), quando analisado aspectos referentes à imobilidade e subutilização dos trens, podem apresentar no Brasil carências de intervenções, não necessariamente reveladas na análise inicial.

Contudo, apenas uma análise da imobilidade e subutilização ferroviária, sem o estudo anterior do equilíbrio entre o Nó e o Lugar, proporcionaria menos informações a respeito de possíveis causas do problema, sendo mais difícil a elaboração de estratégias indicando intervenções na oferta ou densidade de ocupação. O que justifica o uso articulado destas duas abordagens: a de Bertolini (1999) e a proposta nesta dissertação que considera a imobilidade.

## 6.2. Etapas

A metodologia proposta é dividida em seis etapas, esquematizadas na Figura 6.1, que irão contribuir na análise da capacidade das estações em gerarem ambientes sustentáveis.

São elas: 1) Caracterização do corredor; 2) Análise da presença de favela; 3) Identificação dos fatores e variáveis que influenciam na mobilidade local; 4) Classificação das estações; 5) Análise dos resultados e 6) Síntese da análise e recomendações.

A primeira etapa tem como o objetivo conhecer as estações e sua área de influência, coletando dados que serão utilizados na aplicação nas etapas 3 e 4; assim como na interpretação dos resultados na etapa 5; e nas recomendações na etapa 6, considerando as singularidades locais.

Na segunda etapa - análise da presença da favela - serão contemplados o porte, a acessibilidade e a segurança . Os dados coletados nessa etapa serão utilizados na etapa 3, identificando a influência desses espaços na geração de viagens; e na 5, analisando a relação da sua presença com as classes de (i)mobilidade e de equilíbrio entre o Nó e Lugar.

A terceira etapa tem como propósito analisar, na área de estudo, os fatores e as variáveis indicados pela bibliografia (capítulo 4) que tipicamente contribuem para geração de viagens. Com o auxílio de *software* de análise de dados, sugere-se a realização de correlações entre essas variáveis com as viagens ferroviárias do corredor

em análise. Essa etapa irá facilitar na seleção das variáveis do índice Nó e Lugar, e ainda, na elaboração de estratégias em futuros estudos.

A quarta etapa - classificação das estações - será dividida em duas subetapas. Primeiramente, as estações serão analisadas em função do equilíbrio entre o Nó e o Lugar a partir de uma adaptação do modelo de Bertolini (1999), levando em conta características comumente observadas em nossas cidades; e, em seguida, serão classificadas em função dos níveis de (i)mobilidade e subutilização do modo ferroviário.

Na quinta etapa os resultados da mobilidade ferroviária e mobilidade motorizada, obtidos na etapa 3, serão comparadas entre si, identificando as principais discrepâncias entre eles. Os da mobilidade ferroviária também serão comparados com os tipicamente obtidos nos estudos internacionais, a fim de identificar possíveis fragilidades e potencialidades do sistema em análise. Posteriormente, serão analisadas as classes do modelo adaptado de Bertolini (1999) e da (i)mobilidade, juntamente com a presença das favelas. Ainda nessa etapa, será realizada uma investigação das relações entre as classes geradas nas duas subetapas da etapa 4.

Na última etapa será realizada uma síntese dos resultados obtidos nas etapas anteriores, destacando as principais relações entre eles; e serão feitas recomendações que visem a promoção de ambientes mais sustentáveis. Serão ressaltadas as estações com maiores necessidades de intervenções e a propensão das favelas em serem segregadas espacialmente, identificando a possibilidade de inclusão dessas ao sistema ferroviário.

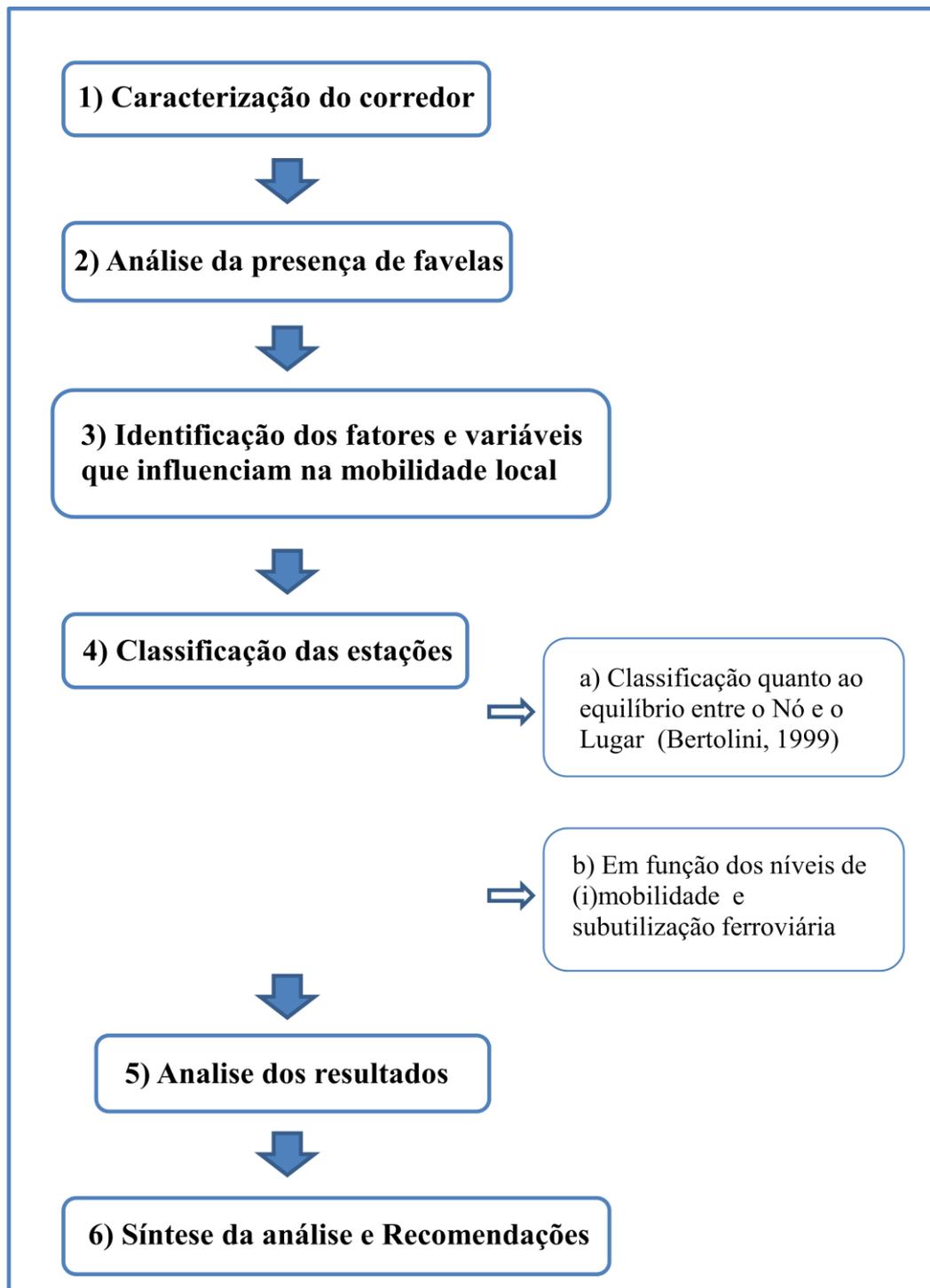


Figura 6.1: Estrutura esquemática da metodologia proposta

### **6.2.1. Caracterização do corredor**

A fim de analisar o equilíbrio entre a oferta de transportes e uso do solo, bem como possíveis cenários de imobilidade e de desperdícios de recursos provenientes da subutilização do sistema ferroviário, primeiramente é necessário conhecer o objeto de estudo e o contexto espacial, social e econômico no qual esse está inserido.

Assim, nessa primeira etapa, o corredor ferroviário, suas estações e a área de influência dessas serão identificadas e caracterizadas. Serão coletados dados tanto da oferta de transporte (Nó), quanto da demanda (Lugar), expressa pelo uso do solo, e que de acordo com as variáveis socioeconômicas podem gerar ou não viagens.

Será identificado o total de viagens (embarque e desembarque) que na etapa 3 vão ser utilizadas na análise da (i)mobilidade da estação; realizando correlações com as variáveis do Ambiente Urbano, Uso do Solo, Socioeconômico, Transportes e Sistema Ferroviário, a fim de identificar aquelas que melhor contribuem para a geração de viagens no corredor.

Com o propósito de conhecer a localização das estações na rede ferroviário da região metropolitana e a conectividade dessas com os demais corredores, que afeta na acessibilidade ao sistema, interferindo diretamente no Nó, deverá ser considerada a estrutura esquemática de todo o sistema ferroviário onde esse está inserido.

Um breve histórico do processo de urbanização da cidade pode ser relatado a fim de melhor compreender sua relação com o sistema ferroviário, as atuais ocupações e usos do solo ao longo do corredor, assim como possíveis diferenças socioeconômicas e de acesso ao longo desse. Esse estudo poderá auxiliar na análise crítica dos resultados, fornecendo ferramentas para melhor interpretá-los.

As integrações com estações de BRT e metrô devem ser identificadas na medida em que são caracterizadas como variáveis do Nó e atuam na área de influência indireta da estação, que é aquela alcançada por transportes motorizados.

Nas cidades onde a integração com linhas de ônibus convencionais apresentem um papel claro em relação a serem alimentadoras ou concorrentes, e tenha uma boa

disponibilidade de dados quanto a oferta, essas também poderão ser assinaladas para, posteriormente, na etapa 4 caracterizarem o Nó.

O desejável é que os dados da área de influência direta sejam mensurados levando em consideração os limites da área de acessibilidade à estação a uma distância de caminhada.

Diferentes autores consideram distintas distâncias como limite para a realização de viagens a pé. Para Schlossberg e Brown (2003 *apud* SCOVINO, 2008), as distâncias propícias a caminhada variam entre 400 e 800 metros. Já Sant'Anna (2006) indica que a maioria das pessoas optam pela caminhada para viagens de até 1km.

Por outro lado, o Metrô (1989 *apud* NETO, 1996 *apud* SCOVINO, 2008) assinala o tempo de viagem e não a distância favorável. De acordo com esse, são realizadas viagens a pé para lugares acessíveis a 15 minutos de caminhada aproximadamente.

Meziani (2012) analisa a acessibilidade a pé em distâncias de 200, 400 e 800m, que corresponderiam 5, 10 e 15 minutos de caminhada respectivamente. Para esse autor, a distância de 800m, a partir da estação, seria a distância favorável limite de acessibilidade a pé. Esta distância será a sugerida neste procedimento, mas com a flexibilidade dela ser ajustada às características locais e a disponibilidade de dados e de recursos.

Nas regiões metropolitanas brasileiras, dados do uso do solo e socioeconômicos podem ser acessados na escala de bairros, podendo esse ser utilizado como uma outra alternativa de área de influência.

Dados do uso do solo (Lugar), que serão utilizados nas etapas 3 e 4, podem ser apresentados tanto em valores totais quanto em densidade (valores totais / área).

Se for utilizada a densidade na escala bairro, quando houver bairros com mais de uma estação, deve ser analisado se esses apresentam ocupação homogênea a fim de identificar a necessidade de tratamento dos dados.

A coleta e tratamento de dados referentes à acessibilidade local, a oferta de empregos poderá auxiliar, na etapa 6, na análise da exclusão espacial. Essa

acessibilidade pode ser mensurada a partir das viagens casa – trabalho, que têm origem e destino no mesmo bairro.

A diversidade do uso do solo pode ser representada por variáveis de diferentes formatos. Uma maneira mais simples é pela proporção população/emprego. Essa variável ainda contribuirá para identificar a melhor forma de promover o adensamento, se em residências ou atividades geradoras de emprego, caso verificada essa necessidade na etapa 4.

Uma alternativa, para analisar possíveis imobilidades derivada da incapacidade individual de pagar as tarifas de transporte, é a mensuração da porcentagem da população do entorno que tem rendimentos inferiores a um salário mínimo, que de acordo com a constituição brasileira, seria o mínimo necessário para suprir as necessidades básicas tais como moradia, alimentação, saúde, educação e transporte (BRASIL, 1988).

Outra opção é a aplicação de questionários, a fim de descobrir se as tarifas do sistema ferroviário são compatíveis com os rendimentos mensais dos entrevistados e se esses já deixaram de realizar viagens por não poder adquirir os bilhetes ou por restrições de outra natureza como barreiras físicas impedindo a mobilidade.

Contudo, quando aplicado em metrópoles, esse procedimento exige uma grande demanda de entrevistas realizadas para que se possa garantir a sua confiabilidade. Portanto, também exige alta disponibilidade de recursos. Mas espera-se que as pesquisas de Origem-Destino possam também dispor de informações que determinem a imobilidade, financeira ou física.

### **6.2.2. Análise da presença de favelas**

Com o objetivo de compreender a distribuição das favelas pela cidade, suas características sociais, imagem, assim como suas atuais condições de acesso, inicialmente pode ser realizada uma análise histórica do processo de favelização da cidade.

Essa análise pode contribuir para a elaboração de possíveis estratégias, na medida em que, para definir ações futuras, antes é necessário conhecer o processo de formação e desenvolvimento desses espaços.

Para identificar a influência das favelas na mobilidade ferroviária e a relação desses ambientes com um possível desequilíbrio entre a oferta de transporte e as atividades adjacentes, é necessário, primeiramente, analisar a presença das favelas no entorno das estações, levantando dados que poderão ser utilizados nas etapas 3 e 4.

Dentre as possíveis maneiras, essas podem ser caracterizadas quanto ao porte, acessibilidade e segurança.

O porte da favela pode ser quantificado tanto pela população residente, quanto pela área. Ambos, calculados, quando possível, dentro da área de acessibilidade a pé favorável, considerada como raio de 800m a partir da estação, como já citado.

Quando não há dados disponíveis, o levantamento da população pode exigir mais recursos do que os dados da área, que pode ser calculada com auxílio de *software* de geoprocessamento, tal como o ArcGis.

A fim de facilitar a análise, podem ser criadas classes de acordo com a área favelada localizada no entorno próximo. Nesse procedimento, assim como no método de Bertolini (1999), optou-se por criar de três a cinco classes, dependendo do nível de detalhe requerido, o que pode auxiliar na análise crítica na etapa 5.

Como parâmetros determinam que áreas habitacionais inferiores a 20.000m<sup>2</sup> não são consideradas como PGVs (CUNHA, 2009), aconselha-se que a primeira classe seja a presença de área favelada de até 20.000m<sup>2</sup>. As demais classes devem ter intervalos regulares e levar em consideração a maior área favelada identificada.

A acessibilidade é influenciada por diferentes aspectos, tal como transporte alimentadores; número de ruas sem saídas, ou ainda pela topografia, já que terrenos íngremes tentem a apresentar maiores restrições ao acesso, seja motorizado ou não. Mas também pela proximidade com atividades socioeconômicas, serviços e oportunidades disponibilizadas no interior da comunidade ou no entorno da estação adjacente.

Dentre outros, pode ser mensurada pelo índice de permeabilidade que é a relação entre a distância direta (linha reta entre a origem e o destino) e a distância real (caminho

mais curto); pela conectividade das vias (relação entre o número de segmento de vias e o número de intersecções); ou ainda pela oferta de transporte alimentadores a estação.

Nesse estudo será feito uma análise simplificada, identificando se as estações se encontram em terrenos, majoritariamente planos ou acidentados. Para tal, podem ser realizadas visitas de campo e consultas em cartas geológicas e topográficas.

Na medida em que as favelas podem apresentar particularidades na segurança e essa variável mostrou-se influente na geração de viagens (Quadro 4.1 e Quadro 4.2), nessa etapa as favelas também serão caracterizadas levando esse aspecto em consideração.

A segurança pode ser mensurada de diferentes formas, tais como número de assaltos, assassinatos ou desaparecimentos em um determinado período. A presença do Estado com base militar ou policial também pode ser usada para analisar essa variável, principalmente em locais com menor disponibilidade e confiabilidade de dados .

### **6.2.3. Identificação dos fatores e variáveis que influenciam na mobilidade local**

A fim de avaliar os fatores e variáveis que influenciam na mobilidade ferroviária, serão realizadas correlações utilizando como base a revisão bibliográfica do capítulo 4, os dados de Nó e Lugar coletados na etapa 1 e as viagens ferroviárias das estações do corredor.

Essa análise deve contemplar variáveis relacionadas à favela, tais como: a área total, que mensura a proporção com maiores possibilidades de restrições no acesso e possíveis demandas derivadas da alta densidade; e segurança, que pode indicar a atratividade/repulsão de viagens.

Como verificado a partir da revisão bibliográfica, que alguns fatores do sistema ferroviário estudado tendem a apresentar diferente comportamento na influência de viagens ferroviárias quando comparados com estudos realizados em países

desenvolvidos, nessa etapa também serão analisadas as correlações desses com as viagens motorizadas totais do bairro.

Essa análise permitirá identificar se as principais diferenças observadas na influência da mobilidade é uma característica local ou se é consequência de uma possível deficiência associada ao sistema ferroviário e aquelas modalidades, inclusive a não motorizada, que deveriam estar integradas a esse.

Devem ser identificadas as variáveis explicativas que apresentaram maior influência nas viagens ferroviárias, seja essa influência positiva ou negativa, a fim de considerá-las para aplicação na adaptação do modelo proposto por Bertolini (1999), caso verificado que essas podem expressar unicamente o Nó ou o Lugar.

Essas variáveis explicativas poderão ser utilizadas em futuros estudos, na modelagem de viagens, a partir de ferramentas econométricas, e posterior elaboração de estratégias.

#### **6.2.4. Classificação das estações**

Dividida em duas abordagens de classificação, essa etapa tem o propósito de analisar as estações por meio de uma adaptação do modelo de Bertolini (1999), levando em consideração peculiaridades brasileiras, tais como a presença de favelas, imobilidade de parte da população e possível subutilização da infraestrutura ferroviária, que pode ser derivada de uma oferta incompatível com uma modalidade de alta capacidade, não integrada aos demais modos e com serviços e pouco atraentes.

Na etapa 5, a análise das duas classificações (quanto ao equilíbrio entre o Nó e o Lugar; e quanto aos níveis de (i) mobilidade e subutilização do modo ferroviário) entre si e com os aspectos relacionados à presença de favelas (dados obtidos na etapa 2), permitirá compreender a capacidade do sistema ferroviário estudado em proporcionar uma mobilidade sustentável.

a) Classificação quanto ao equilíbrio entre o Nó e o Lugar (BERTOLINI, 1999)

Com o propósito de facilitar a classificação em locais onde há uma menor disponibilidade de dados e recursos para investigação, pretende-se, para análise do equilíbrio entre o Nó e o Lugar, simplificar o modelo de Bertolini (1999), em relação ao número de indicadores utilizados, sem perder a capacidade de análise da sustentabilidade e o compromisso com a integração entre transporte e uso do solo.

A partir da literatura sintetizada no Quadro 5.1 e dos contextos locais, é possível indicar pela frequência de utilização algumas variáveis para mensurar o Nó e o Lugar, tais como: população, empregos, diversidade do uso do solo, tempo de viagem, oferta de trens, direções atendidas pelo trem, acesso a vias expressas e estações terminais com integração com outros modais.

Com base na bibliografia consultada no capítulo 4 (Quadros 4.3 e 4.4), é possível ressaltar a importância das variáveis população e empregos para a mobilidade ferroviária, devido o potencial dessas em gerar demanda de viagens (Lugar).

Estudos realizados no Brasil (LARA *et al.*, 2007 e ANDRADE *et al.*, 2014) também demonstraram a importância da variável emprego para a geração de viagens ferroviárias. Na RMRJ, segundo o PDTU - Plano Diretor de Transporte Urbano - 42% das viagens são por motivos de trabalho (SETRANS-RJ, 2005).

Apesar de identificado que, no Brasil, a população residente não apresenta correlação alta com a mobilidade ferroviária (ANDRADE *et al.*, 2014), compreende-se que deve haver um equilíbrio entre a demanda de viagens e a oferta de transporte (capítulo 5), na medida em que, os empregos e serviços não são distribuídos espacialmente de forma equitativa e que, internacionalmente, essa variável apresenta alta influência na geração de viagens.

Dentre as variáveis indicadas para o Nó, destaca-se o tempo de viagem por poder contemplar diferentes elementos, tais como o tempo de espera, tecnologia usada, conectividade da estação e posição dessa no sistema ferroviário, estando diretamente relacionada com a acessibilidade na rede.

Outra variável de destaque para o Nó é a oferta de trens, que pode ser calculada a partir da frequência e está estritamente relacionada à capacidade ferroviária. Por influenciar na taxa de ocupação e tempo de espera, apresenta também relações estreitas com a qualidade de serviço, indicada como influente na mobilidade por 7, dos 10 autores mais recentes analisados (Quadro 4.10).

Diante do exposto, a fim de redução do número de variáveis utilizadas, mantendo-se a qualidade da mensuração da oferta de transporte e da demanda de viagens, é indicado a utilização das variáveis tempo de viagem e oferta de trens para o Nó; e população e empregos para o índice Lugar.

O tempo de viagem vai representar a acessibilidade da estação à rede ferroviária e será calculado a partir do somatório do tempo de viagem de cada estação para todas as demais do sistema (PAPA *et al.*, 2008).

A oferta dos trens irá expressar a capacidade e será medida pelo número de trens que servem a estação em um determinado período (BERTOLINI, 1999 e 2008; HYNYNEN, 2005; REUSSER *et al.*, 2008).

As variáveis do Lugar serão analisadas juntas, enquanto as do Nó serão utilizadas em duas diferentes aplicações: 1) Nó (acessibilidade) - Lugar (população e emprego) e 2) Nó (conectividade) - Lugar (população e emprego).

As variáveis da oferta ferroviária serão analisadas separadamente com o propósito de identificar, com maior facilidade, as carências do Nó em cada estação, e assim, possibilitar propor estratégias mais específicas, futuramente.

No caso das variáveis do Lugar, não há a necessidade de serem utilizadas em diferentes aplicações, na medida em que, uma análise em conjunto com a diversidade do uso do solo, tal como o índice população/emprego pode auxiliar na identificação da demanda específica em cada estação.

Para analisar o equilíbrio, tanto os dados do Nó, quanto do Lugar devem ser normalizados, no qual o maior valor se iguala a 1 e os demais mantêm as mesmas proporções, dividindo esses também pelo maior valor (BERTOLINI, 1999; PAPA *et al.*, 2008; SILVA, 2013).

Com base nos resultados das correlações entre variáveis explicativas com o total de viagens ferroviárias e motorizadas, realizadas na etapa 3, pode haver alterações nas variáveis utilizadas, acrescentando aquelas que demonstrarem ter maior influência na mobilidade local.

Após a aplicação será possível identificar as estações equilibradas, problemáticas, saturadas e desequilibradas, de acordo com os critérios utilizados para representar a oferta e a demanda em potencial de transporte ferroviário.

b) Classificação em função dos níveis de (i)mobilidade e subutilização do modo ferroviário

Para a análise da (i)mobilidade da população do entorno das estações e identificação do grau de utilização do sistema ferroviário em comparação com os demais modos motorizados, devem ser calculadas as taxas de mobilidade ferroviária (Equação 6.1) e as taxas de mobilidade motorizada (Equação 6.2).

Os demais transportes motorizados serão analisados não apenas com o propósito de identificar a participação do sistema ferroviário frente aos demais transportes e possibilidades de migração de usuários de modos concorrentes; mas também para expor a propensão de segregação espacial em relação a todo o território urbano ou metropolitano, que se agrava quando verificada a imobilidade considerando todos os modos motorizados.

$$M_f = \frac{V_f}{pop} \quad (6.1)$$

$$M_m = \frac{V_m}{pop} \quad (6.2)$$

Onde:  $M_f$  = Taxa de mobilidade ferroviária em cada estação;

$V_f$  = viagens ferroviárias (embarque + desembarque)

pop = População da área de influência da estação

Mm = Taxa de mobilidade motorizada da área de influência da estação

Vm = viagens motorizadas totais geradas na área de influência da estação dividido pelo número de estações ferroviárias localizadas em uma mesma área de influência.

Há várias maneiras para se estabelecer a posição relativa das estações no ramal quanto a (i) mobilidade. Seguindo o princípio da simplicidade gráfica, adotada por BERTOLINI (1999), definiram-se quadrantes determinados pelos valores médios dentre o total das viagens motorizadas geradas e o total das viagens ferroviárias, como esquematizado na figura 6.2.

As estações com alta e baixa taxa de mobilidade ferroviária serão identificadas como aquelas acima e abaixo da média, respectivamente.

Se alguma estação, como costuma ocorrer com a terminal, concentrar um contingente relativamente desproporcional de viagens por trem, para que se evite distorções comparativas, essa deve ser desconsiderada para o cálculo da média de viagens, no entanto, deve ser classificada.

Para a análise da (i) mobilidade motorizada será realizado um procedimento semelhante ao anterior, entretanto, utilizando os dados de todos os modos motorizados.

Após identificadas as estações abaixo e acima das médias das taxas de mobilidade ferroviárias e motorizadas, será possível analisar a (i) mobilidade das estações e se a estação é subutilizada (Figura 6.2).

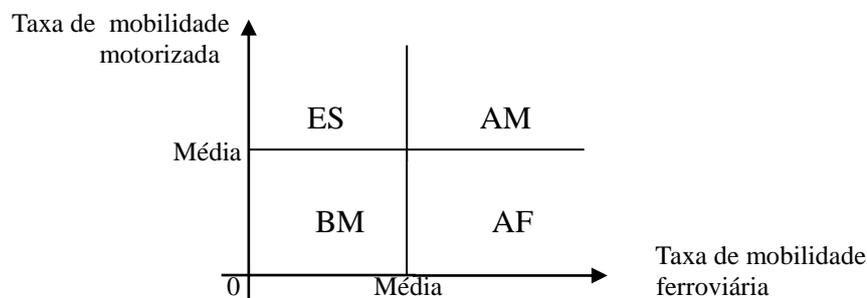


Figura 6.2 - Classificação das estações em função dos níveis de (i) mobilidade e subutilização da estação.

As estações que, comparativamente com as demais do sistema, apresentarem taxas de mobilidade acima da média, tanto para o sistema ferroviário quanto para os demais modos de transporte motorizados, serão classificadas como AM (alta mobilidade).

Já aquelas que tiverem ambas as taxas abaixo da média serão classificadas como BM (baixa mobilidade) e podem apresentar tendência à exclusão espacial.

As estações que apresentarem altas taxas de mobilidade motorizada, porém baixas taxas ferroviárias, expressando desse modo, uma possível subutilização desta modalidade de transporte público, serão classificadas como ES (estação subutilizada).

As estações com as taxa de viagem ferroviária acima da média e motorizada abaixo, serão classificadas como AF (alta mobilidade ferroviária).

Assim como a modelo proposto por Bertolini (1999), essa também é uma análise comparativa entre as estações de um determinado ramal, corredor ou sistema ferroviário, podendo as estações assumirem diferentes classes quando comparadas com outras .

#### **6.2.5. Análise dos resultados**

Nessa etapa serão analisados os valores das correlações entre as viagens ferroviárias e as variáveis que influenciam na mobilidade, identificando, dentre outros, como aspectos relacionados a favela, tais como o porte e a segurança, influenciam na geração de viagens.

Esse procedimento poderá auxiliar na posterior análise dos resultados das classes geradas na etapa 4 (equilíbrio entre o Nó e o Lugar e (i)mobilidade), identificando possíveis causas para os resultados obtidos, assim como o papel da presença da favela.

Caso realizadas correlações com as viagens motorizadas, os resultados devem ser comparados com as corelações das viagens ferroviárias, identificando as principais diferenças na geração de viagens do modo ferroviário frente aos demais motorizados.

As correlações também serão comparadas com aquelas tipicamente observadas em sistemas de transporte de países desenvolvidos, destacando os resultados mais divergentes.

Essa análise comparativa poderá auxiliar identificar se há deficiências do sistema ferroviário estudado para atração de passageiros, de acordo com determinadas variáveis, e assim contribuir para as recomendações na etapa 6.

Em seguida serão analisadas as classes dos modelos Nó - Lugar aplicados, investigando se há diferenças significativas entre esses, a fim de identificar qual variável da oferta ferroviária é carente de maiores investimentos em um grupo específico de estações.

As classes dos modelos adaptados de Bertolini (1999) devem ser estudadas juntamente com variáveis da presença da favela identificados na etapa 2, verificando se há tendências de agrupamento de classes e se a presença desses ambientes interfere no equilíbrio entre o Nó e o Lugar.

As classes de (i)mobilidade e subutilização geradas na etapa 4b também devem ser estudadas levando em consideração a presença de favelas, verificando se há alguma propensão de imobilidade da população residente.

Posteriormente, serão analisadas as classes de Nó-Lugar contrapondo com os resultados da (i)mobilidade, verificando se há relações entre essas. Deve ser verificado se aquelas classificadas como EE (estação equilibrada) de acordo com a adaptação de BERTOLINI (1999), também são carentes de intervenções, apesar de em uma análise inicial se demonstrarem aptas a promover ambientes sustentáveis.

As estações classificadas com mobilidade ND (nó desequilibrado), porém como ES (estação subutilizada), se caracterizam por representarem uma oportunidade para a empresa operadora do sistema ferroviário em aumentar a receita, caso sejam realizadas melhorias na qualidade de serviço ou acesso que incentivassem a migração de usuários de outros modais.

Já as ES com LD (lugar desequilibrado) indicam o potencial local para geração de viagens por meio do aumento do Nó em análise.

#### **6.2.6. Síntese da análise e recomendações**

Essa análise permitirá considerar como especificidades locais contribuem ou não para a geração de ambientes sustentáveis, analisando, sobretudo, o pilar social, dentre os três da sustentabilidade.

Primeiramente, quando houver, serão relatadas as principais tendências de classificação das estações por trechos do corredor ou de combinações de classes geradas a partir dos resultados obtidos nas etapas 2 e 4.

A variável renda, coletada na etapa 1, também poderá ser analisada juntamente com variáveis referentes a presença da favela, equilíbrio entre Nó e Lugar e classes de (i)mobilidade. Esse procedimento pode contribuir para identificar se os entornos de determinadas estações apresentam uma tendência à exclusão espacial e social.

As estações classificadas como as classes mais preocupantes em ambas as análises da etapa 4 (ED - estação dependente; e BM- baixa mobilidade), devem ser identificadas, verificando se há relação dessas com a presença de favelas e se há propensão de exclusão espacial desses ambientes

Essa propensão de exclusão espacial das favelas deve ser analisada ao longo de todo o corredor. Uma variável que pode auxiliar nessa análise é a diversidade do uso do solo, que fornece informações do acesso oferta de serviços locais. Já um Lugar desequilibrado e uma baixa mobilidade, podem indicar uma inacessibilidade regional.

A fim de identificar se uma possível inacessibilidade é consequência das condições de acesso das favelas aos sistemas de transporte, deve ser analisado se os demais entornos sem a presença de favelas, embora com renda semelhante, apresentam a mesma propensão à exclusão espacial.

Ainda nessa etapa serão feitas recomendações que têm como objetivo promover a sustentabilidade no entorno das estações e também a inclusão espacial das populações identificadas com imobilidade .

Para tal fim, serão identificadas a natureza das intervenções, ou seja, alterações no sistema ferroviário, seja na oferta ou qualidade de serviço; intervenções no uso do

solo adjacente à estação, alterando os padrões de adensamento ou de diversidade; ou ainda, intervenções na acessibilidade a estações, tanto por modalidades alimentadoras de menor capacidade como pela acessibilidade a pé.

Caso verificado, por exemplo, que variáveis do uso do solo (Lugar) não contribuem para a mobilidade ferroviária, pode ser identificado um possível desperdício de infraestrutura. Nesse caso, uma possível recomendação seria o adensamento da ocupação.

Já em estações classificadas como LD e baixa mobilidade ao mesmo tempo, poderia ser verificado se um aumento da oferta ferroviária poderia auxiliar no processo de inclusão espacial da população vizinha.

As recomendações formuladas nessa etapa podem ser detalhadas em estudos futuros a partir desta base de conhecimento, gerando, assim, estratégias para o desenvolvimento local.

### **6.3 Considerações finais**

A partir da aplicação dos procedimentos propostos, será possível identificar as principais variáveis que, considerando a disponibilidade de dados, influenciam na mobilidade ferroviária local, assim como aquelas que comumente induzem viagens, mas que por especificidades não demonstraram altas correlações no estudo.

O método proposto ainda permite identificar o equilíbrio entre a oferta e a demanda de viagens em cada estação; as estações com potencialidades em aumentar a geração de viagens; as populações com tendências de exclusão espacial; e os entornos que podem sofrer adensamento urbano.

Pretende-se ainda que, com a aplicação, seja possível verificar se uma possível imobilidade é derivada de aspectos socioeconômicos ou dos sistemas de transporte; e as possíveis explicações para a subutilização do modo ferroviário.

A análise em conjunto dos resultados obtidos permitirá identificar as potencialidades de cada estação em gerar ambientes sustentáveis, assim como suas deficiências, tendo como foco os aspectos sociais que podem ser evidenciados pela

inserção da análise da presença da favela que, dentre os estudos consultados, foi contemplada apenas por Andrade *et al.* (2014).

Caso identificado que estações equilibradas precisam de intervenções por apresentarem subutilização do modal ferroviário ou imobilidade da população do entorno, será confirmada a importância da inserção dessas análises no estudo da capacidade das estações gerarem ambientes sustentáveis.

## **7. APLICAÇÃO NO CORREDOR DE SANTA CRUZ, RIO DE JANEIRO**

### **7.1. Caracterização do corredor Santa Cruz e sua área de influência**

Para o presente estudo será definido como corredor Santa Cruz os ramais de Deodoro e de Santa Cruz, representados de verde e vermelho, respectivamente, na Figura 7.1, que esquematiza o sistema ferroviário da RMRJ. Totalmente inserido no município do Rio de Janeiro, apresentava 35 estações ativas no momento da coleta de dados ferroviários.

Esse corredor apresenta, aproximadamente, 54 km de extensão e as suas estações estão espalhadas por 32 bairros, localizados, sobretudo, nas Zonas Norte e Oeste, com exceção das estações Central e São Cristovão, situadas em zonas centrais.

Apesar da estação Praça da Bandeira estar localizada entre essas duas estações, o bairro onde essa está inserida é considerado como Zona Norte.

No final do século XIX, as classes mais altas passam a demonstrar menor interesse pela região central da cidade e começaram a migrar para a Zona Sul. Por outro lado, na Zona Norte e Oeste foi iniciado o processo de industrialização, atraindo trabalhadores para essa região (ROCHA, et. al. 2011). A ocupação dessas zonas industriais pelo proletariado só foi viabilizada pela inauguração de novas ferrovias nas décadas de 1880 e 1890, que também delinearão a urbanização, já que essa se deu de forma mais intensa ao longo dos corredores e principalmente suas estações (ABREU, 2003).

Ao mesmo tempo em que o centro já não atraía as classes mais altas, uma parcela dos residentes mais pobres também foi expulsa dessa área com a remoção dos cortiços. Parte da população residente nesses, migram para as favelas e parte para os subúrbios, marcando ainda mais o diferencial entre as classes sociais pela localização das residências (ABREU, 2003).

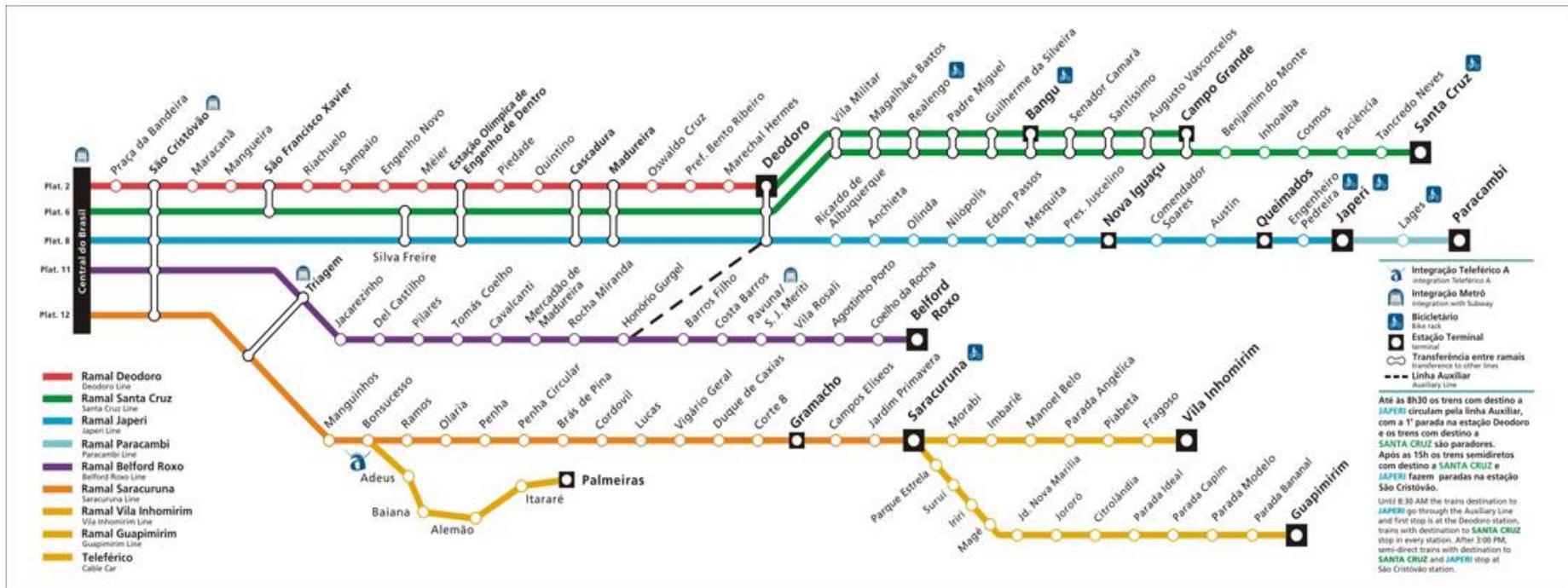


Figura 7.1: Sistema Ferroviário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Fonte: Supervia, 2014.

Os investimentos em transporte que possibilitaram a ocupação dos subúrbios passou por um declínio, sobretudo, nas décadas de 1980 e 1990, no qual não eram realizados aumento da capacidade para equilibrar à nova demanda (SANTOS, *et al.*, 2015).

Na RMRJ estima-se que a atual necessidade de investimentos em infraestrutura de transportes de média e alta capacidade seja de aproximadamente 200,3km de vias (SANTOS, *et al.*, 2015).

No que diz respeito ao transporte ferroviário da RMRJ, a má qualidade de serviço e imagem fez com que esse perdesse sua atratividade. No qual, o sistema que transportava aproximadamente 1 milhão de passageiros diariamente há 50 anos, quando o Rio de Janeiro tinha uma menor população (GONÇALVES *et al.* 2012a), hoje transporte cerca de 620.000 por dia (SUPERVIA, 2015).

Contudo, essa perda do potencial ferroviário pode não ser percebida de forma equitativa por toda a população. Devido aos fatores históricos e à grande extensão dos corredores, os residentes nos entornos das estações mais afastadas do centro da cidade podem apresentar maior dependência desse modal, na medida em que tendem a ter também menores rendimentos (IBGE, 2010).

O corredor de Santa Cruz, o segundo maior do sistema ferroviário do RMRJ, serve bairros de diferentes características socioeconômicas e de ocupação do uso do solo.

De acordo com o IBGE (2010), os rendimentos domiciliares médios mensais (incluindo os sem renda) nos bairros atendidos pelo corredor de Santa Cruz variam de R\$ 6.258,00 (Maracanã) a R\$ 1.414,00 (Paciência), enquanto o IDH varia entre 0,95 (Riachuelo) e 0,74 (Santa Cruz).

Levando em consideração os critérios do IBGE para classificação da população de acordo com a renda familiar (Quadro 7.1), com exceção das áreas faveladas, indivíduos residentes em um mesmo bairro apresentam semelhanças quanto à classe social (IBGE, 2010).

Da estação Central até a estação Méier, as populações residentes nos bairros cortados pelo corredor pertencem, sobretudo, as classes sociais B e C, com exceção da

Mangueira, que tem grande área constituída por favelas e apresenta população predominantemente pertencente a classe D (IBGE,2010).

Entre a estação do Méier e Marechal Hermes já é possível traçar outro perfil da população, no qual pertence majoritariamente a classe C. De Deodoro, que é o primeiro bairro do corredor pertencente a Zona Oeste da cidade, em diante, a maior parte da população pertence a classe D (IBGE, 2010) (Quadro 7.1).

Dentre os bairros da área de estudo, a Mangueira é o que tem maior porcentagem de pessoas com renda inferior a um salário mínimo (27%), seguido por Deodoro (23%). Com exceção de Campo Grande (18%), todos os bairros entre Bangu e Santa Cruz têm uma porcentagem superior a 20%. Os bairros com menores porcentagens foram Maracanã e Méier, com 8 e 6% respectivamente (Apêndice 1).

Os baixos rendimentos familiares de parte do entorno do corredor podem justificar a baixa qualidade de serviço e a menor capacidade oferecida em relação à esperada para o modal e da demanda expressa pelas atividades.

Para a análise da ocupação do solo, foi utilizada a densidade ocupacional para mensurar o emprego e a população, e não os números totais. Optou-se por esse procedimento pois os bairros da área de estudo apresentam áreas muito discrepantes. Assim, analisando nos números totais, seria possível encontrar bairros com população alta, por exemplo, mas dispersa por uma grande área, não representando, na totalidade, uma demanda à estação ferroviária.

A fim de simplificação, para os dados populacionais foi considerado que há uma ocupação residencial proporcional em todo o bairro. Para cada estação foi considerado a população total/ha.

Em relação à análise de emprego, a partir de visitas de campo, foi verificado nos bairros com mais de uma estação (Bangu, Campo Grande e Santa Cruz), uma grande discrepância entre a oferta desses no entorno da estação principal, que recebe o mesmo nome do bairro, e a estação secundária, que apresenta, sobretudo, um entorno residencial.

A partir da observação, foi atribuído que aproximadamente 80% dos empregos do bairro estão ofertados adjacentes à estação principal e os 20% mais próximos da

secundária. Após identificar a oferta de emprego no entorno de cada estação, essa foi dividida pela metade da área do bairro.

A estação que apresentou maior densidade populacional no entorno foi a estação Mangueira (223,47 hab/km<sup>2</sup>), seguida pela estação Méier (201,66 hab/km<sup>2</sup>). Já as estações com menor densidade populacional no entorno (17,38 hab/km<sup>2</sup>) foram as pertencentes ao bairro de Santa Cruz. Essas são as duas últimas estações do corredor, e a densidade do bairro pode ser justificada pela grande extensão desse e distância para o centro da cidade (Apêndice 2).

Em relação à densidade de emprego, como já era esperado, a estação com entorno de maior densidade foi a Central (1.095,45 empregos /km<sup>2</sup>) seguida pela estação Praça da Bandeira, que é a segunda do corredor. Essa teve densidade de emprego de 179,9; o que demonstra a discrepância entre os bairros cariocas nesse aspecto. As estações com densidades mais baixas foram Tancredo Neves e Vila Militar, sendo 0,95 e 1,03 empregos /km<sup>2</sup>, respectivamente (Apêndice 2).

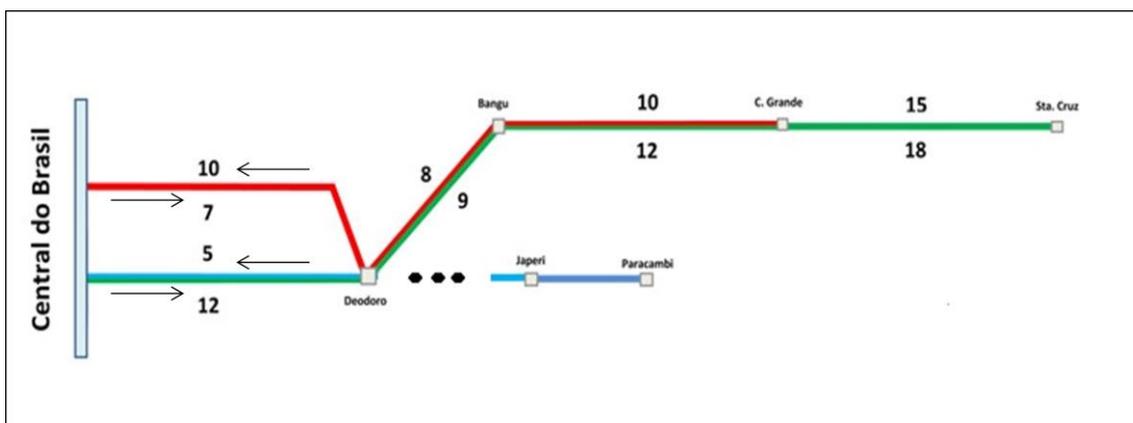
Fazendo uma relação entre os empregos ofertados e a população do entorno, o bairro mais residencial é a Mangueira, apesar da proximidade relativa com o centro da cidade (Quadro 7.1).

Analisando a densidade populacional (Apêndice 2) e o índice população/emprego (Quadro 7.1) de cada bairro do corredor com os demais da vizinhança também servidos pelos ramais em estudo, é possível identificar os bairros Méier, Madureira e Campo Grande como sub centros regionais, o que sugere uma maior oferta de transporte para esses bairros.

Desses, as estações Madureira e de Campo Grande têm integração com BRT, que também faz integração com a estação de Santa Cruz (Anexo 1), desde os anos de 2014, 2012 e 2012 respectivamente.

Das estações do corredor, as únicas que têm integração com o metrô são as estações Central, São Cristovão, e mais recentemente a Maracanã (Anexo 1), que apesar da alta densidade de empregos (142,19), não foi considerada como subcentro regional pela proximidade com o centro da cidade.

A partir da estrutura esquemática de frequência dos trens em cada trecho do ramal (Figura 7.2) e da operação no horário de pico, no qual no ano de 2014 o ramal de Santa Cruz operava com trens semidiretos, foi calculada a oferta de trens em cada estação considerando todos os ramais que realizam paradas nessas, já que o objetivo é identificar a oferta ferroviária em cada estação do corredor de Santa Cruz, independente da origem e destino do trem.



**Figura 7.2:** Intervalo médio dos trens (em minutos) das 04h as 08h no corredor de Santa Cruz. Adaptado de Supervia, 2014.

A frequência dos ramais Gramacho e Japeri são de 10 e 15 minutos, respectivamente, em ambos os sentidos. O Ramal Belford Roxo não opera em sistema de frequência, entretanto, é possível aproximar uma frequência de 15 minutos também para cada sentido (SUPERVIA, 2014).

As estações Central e São Cristovão, que apresentavam maior oferta de trens, faziam conexões com todos os ramais. Contudo, durante o horário de pico, os trens só realizavam parada na estação São Cristovão no sentido Santa Cruz - Central, o que faz com que essa tenha uma frequência menor (SUPERVIA, 2014).

Com terceira maior frequência de trens, estão as estações Engenho de Dentro, Cascadura, Madureira e Deodoro. A maior oferta de trens nessas estações é justificada por essas, no ano de 2014, serem estações de trens paradores do ramal de Santa Cruz e por também servirem ao ramal de Japeri. Em seguida ficou estação a São Francisco Xavier, que apesar de servir os trens semidiretos, não opera no ramal de Japeri (Apêndice 3).

No apêndice 3 são apresentados os valores dos Nós Oferta de Trens e Tempo de Viagem normatizados. Para tal, não foi considerado a estação Central, já que essa causaria distorções na análise comparativa e não foi utilizada nas classificações quanto o equilíbrio entre o Nó e o Lugar.

Como estão apresentados os valores do Nó, o tempo de viagem foi calculado como proposto por Papa *et al.* (2008), no qual, quanto maior o coeficiente, maior a oferta. Ou seja, menor tempo de viagem.

Essa análise levou em consideração a posição geográfica da estação no sistema ferroviário e a acessibilidade dessas as demais do sistema, expressa pela conectividade com demais ramais.

A alta conectividade das estações Central e São Cristovão proporcionaram um menor tempo de viagem dessa para todas as demais do sistema, aplicando o procedimento proposto por Papa *et al.* (2008).

Por outro lado, as estações localizadas na extremidade suburbana do corredor foram as que apresentaram o menor Nó (tempo de viagem/acessibilidade), no qual a partir de Padre Miguel esse aumentou progressivamente (Apêndice 3).

Apesar de a estação Deodoro estar localizada aproximadamente no meio do corredor, essa apresentou tempo de viagem relativamente curto devido a sua conectividade com o ramal de Japeri e alta oferta de trens (Apêndice 3).

As diferentes características socioeconômicas, usos do solo e oferta de transporte dos bairros analisados geram diferentes taxas de embarque e desembarque. Como previsto, a estação que mais gerou viagens, foi a Central, com uma média de 267.556 viagens diárias entre as 05h e 19h (SETRANS, 2013), o que representa, aproximadamente, 39% do total de viagens do corredor (Apêndice 4).

A estação de São Cristovão foi a segunda que mais gerou viagens (66.347), seguida por Madureira (60.460) (Apêndice 4), o que pode ser em função da integração com metrô em São Cristovão e justificar a inauguração do BRT em Madureira em 2014.

A estação que menos gerou viagem foi a penúltima do corredor, Tancredo Neves, com 3781 viagens diárias no horário de análise, o que pode indicar uma possível imobilidade ferroviária que deve ser investigada.

Características socioeconômicas e de acesso que tem influência direta na (i)mobilidade podem ser analisadas por meio da identificação da presença da favela no entorno da estação, complementando a análise da renda, já que essa foi realizada na escala do bairro; e a análise das condições de acesso local é de difícil mensuração.

## **7.2. Análise da presença das favelas**

No Brasil, a segregação espacial em função da renda teve início com a abolição da escravidão em 1888 e com as transformações urbanísticas derivadas da Proclamação da República no ano seguinte (ROCHA, *et al.* 2011).

Uma década depois, em 1897, os morros da Providência e de Santo Antônio, localizados no centro da cidade, foram ocupados por praças militares retomados de Canudos (ABREU, 2003).

Contudo, até o início do século XX, grande parte da população carioca de baixa renda ainda morava em cortiços (habitações coletivas) localizados no centro da cidade, muito em função dos sistemas de transporte público ainda menos funcional, que determinava que os proletariados residissem próximo a oferta de emprego (VAZ, 1994 *apud* ROCHA, *et al.* 2011).

Com a reforma promovida por Francisco Pereira Passos (prefeito do Rio de Janeiro entre os anos de 1902 e 1906) e a consequente remoção dos cortiços, as favelas centrais já ocupadas tiveram um aumento expressivo em sua população (ABREU, 2003).

Posteriormente, a cidade do Rio de Janeiro começa a atrair migrantes carentes de diferentes regiões do país. Todavia, não dispunha de políticas habitacionais inclusivas para essa população, intensificando o processo de favelização, que ocorreu de forma desorganizada (SILVA, 2010).

Enquanto a população da cidade aumentou 8% entre os anos 2000 e 2010, o número de moradores das favelas cresceu 18,9%. A maior parte dessas favelas está localizada na Zona Norte e Oeste da cidade, sendo algumas organizadas em complexos (IPP, 2013).

A imagem negativa das favelas começou a ser difundida ainda no início do século XX por jornalistas, médicos sanitaristas e funcionários estatais, que julgavam que somente pessoas degradadas poderiam se adaptar a esse ambiente. Assim, foi formada a representação de seus moradores como pessoas que se recusavam ao trabalho honesto e não aceitavam as normas sociais, sendo identificados como parte das “classes perigosas” (LEITE, 2012).

Atualmente, parte dessa imagem negativa pode estar presente na sociedade, interferindo, ainda hoje, na geração de viagens em estações com proximidade de favelas, reforçando a importância da análise desses espaços em estudos ferroviários aplicados na cidade do Rio de Janeiro.

Além da imagem, uma possível baixa geração de viagens também pode ser em consequência da baixa renda e da falta de planejamento, que pode gerar dificuldades no acesso. Contudo, políticas que visam melhorar a acessibilidade desses espaços já vêm sendo implantadas.

Até a década de 1980, as ações do Estado para as favelas consistiam, basicamente, em remoções para posterior locação em parques proletários (LEITE, 2012). Atualmente, apesar de remoções com justificativas de realização de obras e riscos estruturais, há também políticas de inserção das favelas na sociedade (TRINDADE, 2009).

Dessas, se destacam os programa Favela Bairro; Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), com ações em áreas faveladas apesar de não ser específico para essas; e o Programa de Pacificação (RANDOLPH, 2009; TRINDADE, 2009 e ANDRADE, 2013).

O programa Favela-Bairro, com início em 1993, tem como objetivo complementar ou elaborar parte da estrutura urbana, tal como o saneamento e a democratização do acesso, tornando a forma urbana desses espaços mais semelhante a dos bairros formais (RANDOLPH, 2009).

O PAC foi criado em 2007 pelo governo federal e, dentre outras medidas, prevê investimentos em infraestrutura de transporte urbano e urbanização de favelas (TRINDADE, 2009).

No Rio de Janeiro, uma das mais expressivas obras de urbanização de favelas elaborada por esse programa foi realizada no Complexo do Alemão (TRINDADE, 2009), onde a população residente foi conectada ao sistema ferroviário por meio da implementação de um teleférico inaugurado em 2011 (SUPERVIA, 2015).

Contudo, parte das melhorias implementadas só foram possíveis a partir da pacificação de favelas. No ano de 2008, teve início o projeto do estado do Rio de Janeiro de pacificação dessas por meio da implantação de UPPs (Unidades de Polícia Pacificadora) (LEITE, 2012).

O objetivo era resgatar para o Estado o controle desses territórios a partir da instalação de bases da polícia militar. Com a retirada do controle das favelas pelo tráfico seriam criadas condições para a integração desses territórios à cidade formal (LEITE, 2012).

Acreditando haver uma relação direta entre a presença de UPPs com a segurança nas favelas, assim como na imagem da estação próxima a essa, foram identificadas as favelas que passaram pelo processo de pacificação.

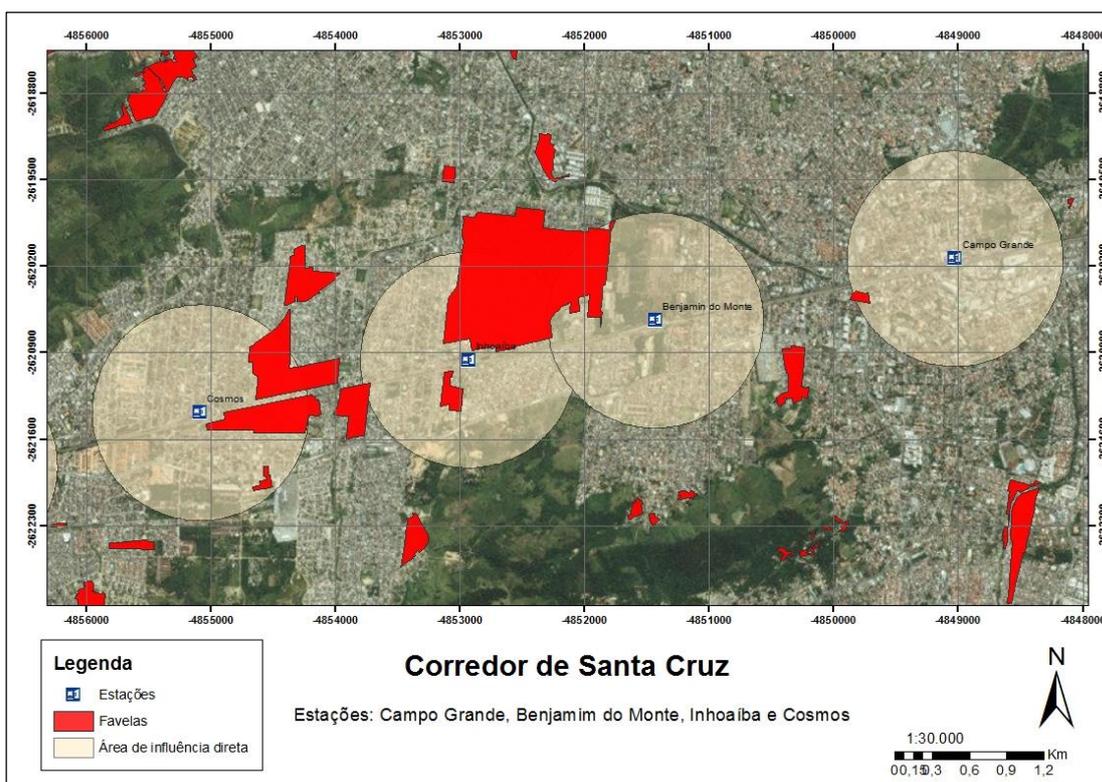
Até o momento, do total de favelas pacificadas, apenas três estão localizadas na Zona Oeste da cidade: Batam, Vila Kennedy e Cidade de Deus (UPPRJ, 2015). Dessas, Cidade de Deus está situada em Jacarepaguá, que não é servido pelo sistema ferroviário; e a Vila Kennedy, que foi pacificada apenas no ano de 2014 e, portanto, posteriormente à coleta de dados de viagens ferroviárias realizada em 2011 (SETRANS, 2013).

A favela do Batam foi pacificada em 2011 e está situada no bairro de Realengo, que é cortado pelo corredor ferroviário de Santa Cruz, no entanto, está fora da área de influência direta estabelecida para as estações.

As favelas pacificadas inseridas nos bairros onde estão situadas as estações do corredor são: Morro do Telégrafo e da Mangueira nos bairros Mangueira e Maracanã; Morro do Quietinho, situado em Sampaio e Riachuelo; Morro da Matriz e do São João, localizado no bairro Engenho Novo; e Morro da Providência e do Fallet, localizados no Centro, onde está situada a estação central. Dessas, apenas o Morro da Providência foi pacificado em 2010. Todos os demais foram no ano de 2011 (UPPRJ, 2015).

Para a análise do porte da favela foi considerado a área no entorno da estação de acordo com o proposto por (MEZIANI, 2012), ou seja, 800m de distância.

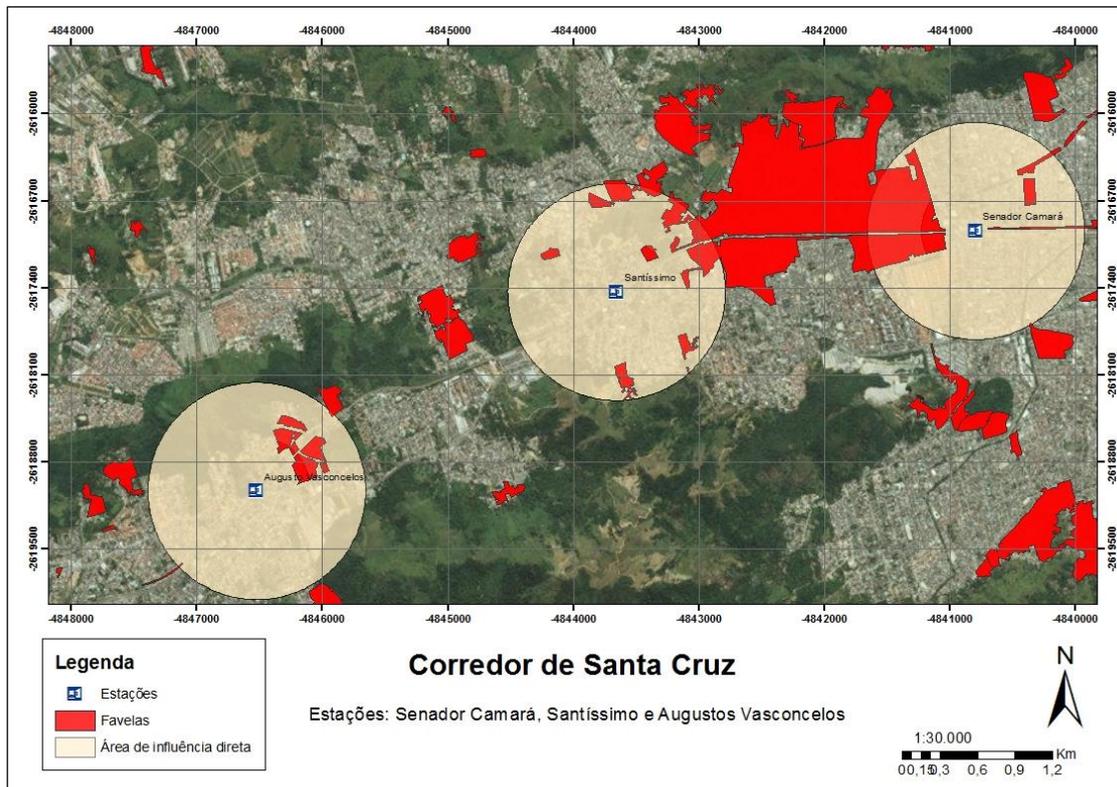
A estação Inhoaíba é a que tem o maior porte de favela em sua área de influência direta (Figura 7.3), seguida pelas estações Senador Camará e Mangueira (Figuras 7.4 e 7.5) (Tabela 7.1).



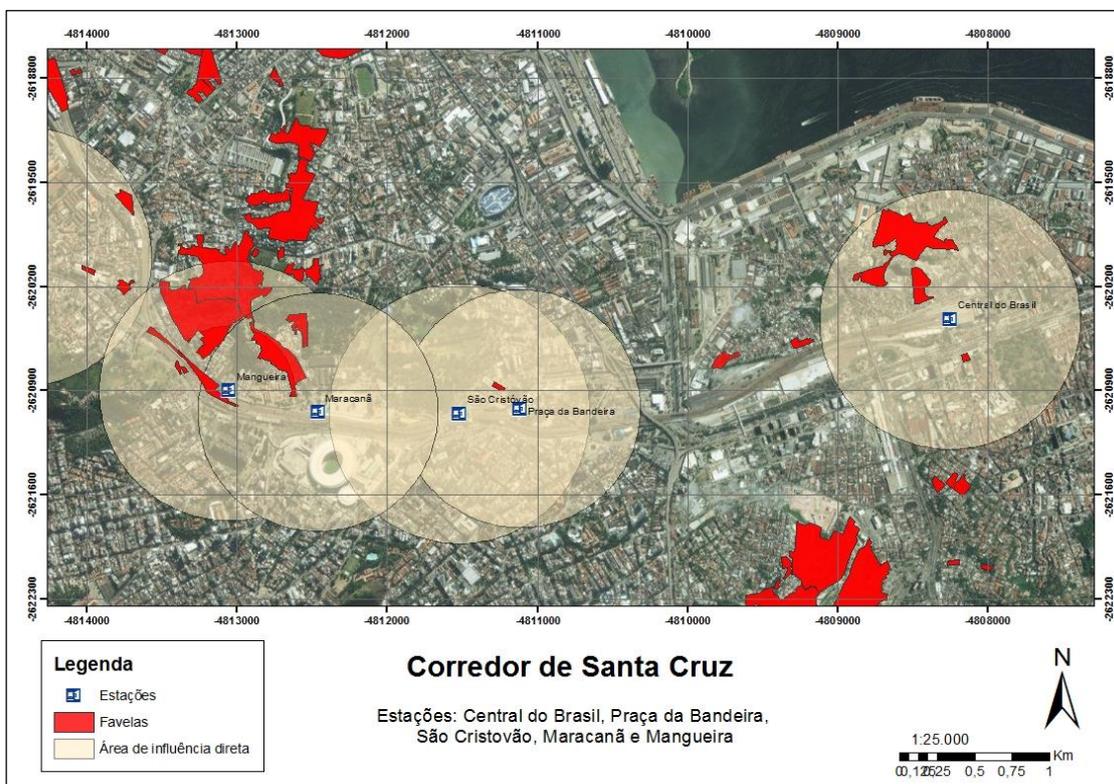
**Figura 7.3:** Presença de favelas no entorno das estações do corredor de Santa Cruz de Campo Grande ao Cosmos.

Não há registros de favelas no entorno próximo das estações Vila Militar (Figura 7.6), e no entorno das estações São Cristovão e Praça da Bandeira as áreas dessas são pouco significativas (Figura 7.5 e Tabela 7.1).

A fim de facilitar a análise do porte, foram criadas 6 classes de favelas (de 0 a 5) de acordo com a área dessas no entorno das estações, que variou de 0 a 496.324m<sup>2</sup> (Tabela 7.1).



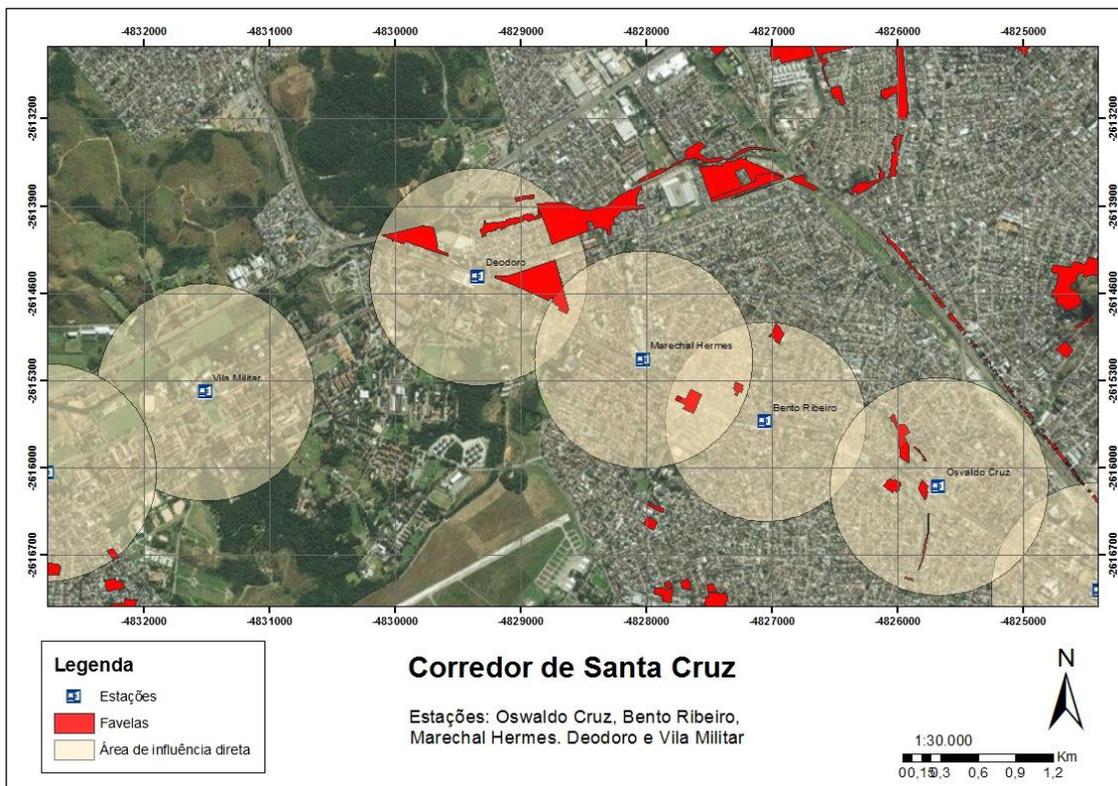
**Figura 7.4:** Presença de favelas no entorno das estações do corredor de Santa Cruz de Senador Camará à Augustus Vasconcelos.



**Figura 7.5:** Presença de favelas no entorno das estações do corredor de Santa Cruz da Central à Mangueira

A primeira classe gerada identifica as estações sem presença de favelas no entorno, não sofrendo, portanto, interferências desses ambientes na geração de viagens.

A segunda classe (1) identifica aquelas com presença de área favelada superior à 0 e até 20.000m<sup>2</sup>, que apesar de não se comportarem como PGV (CUNHA, 2009), podem influenciar na geração de viagens devido à imagem das favelas relatada no histórico.



**Figura 7.6:** Presença de favelas no entorno das estações do corredor de Santa Cruz de Oswaldo Cruz à Vila Militar.

A terceira classe (2) é aquela de 20.000m<sup>2</sup> a 150.000m<sup>2</sup> e para todas as demais é acrescentado 150.000m<sup>2</sup> até a classe 5, que tem presença de favelas com área superior a 450.000m<sup>2</sup> (Tabela 7.1).

Todas as estações foram mapeadas identificando a área favelada no entorno das estações. Aquelas que não se destacaram pelo grande porte ou pela ausência, estão representadas no apêndice 5.

**Tabela 7.1:** Área total das favelas em m<sup>2</sup> na área de influência direta da estação (raio de 800m)

<b>Estação</b>	<b>Área favelada na área de influência</b>	<b>classe</b>
Central	122.205	2
Praça da Bandeira	960	1
São Cristovão	960	1
Maracanã	75.192	2
Mangueira	300.495	4
São Francisco Xavier	15.546	1
Riachuelo	53.840	2
Sampaio	165.438	3
Engenho Novo	69.488	2
Méier	8.224	1
Engenho de Dentro	10.682	1
Piedade	84.984	2
Quintino	154.761	3
Cascadura	80.965	2
Madureira	34.784	2
Oswaldo Cruz	38.910	2
Pref. Bento Ribeiro	29.105	2
Marechal Hermes	33.175	2
Deodoro	206.857	3
Vila Militar	-	0
Magalhães Bastos	89.784	2
Realengo	54.471	2
Padre Miguel	321.858	4
Guilherme da Silveira	10.893	2
Bangu	30.700	2
Senador Camará	401.403	4
Santíssimo	148.876	2
Augusto Vasconcelos	82.785	2
Campo Grande	7.652	1
Benjamin do Monte	188.000	3
Inhoaíba	496.324	5
Cosmos	321.299	4
Paciência	104.603	2
Tancredo Neves	269.383	3
Santa Cruz	43.005	2

Classe 0: sem favelas

Classe 1:  $> 0 \leq 20.000\text{m}^2$

Classe 2:  $> 20.000 \leq 150.000\text{m}^2$

Classe 3:  $> 150.000 \leq 300.000\text{m}^2$

Classe 4:  $> 300.000 \leq 450.000\text{m}^2$

Classe 5:  $> 450.000\text{m}^2$

Com ressalva da estação Mangueira, localizada relativamente próxima ao centro da cidade, é possível identificar que as favelas de maior porte estão localizadas nos subúrbios mais distantes, a partir da estação de Deodoro.

Em relação à análise da acessibilidade das favelas a estação ferroviária, essa será realizada de forma simplificada, identificando o tipo de relevo predominante (plano ou inclinado). No caso de inclinado, será analisado ainda se há a presença de transportes adaptados, tal como plano inclinado, elevador e teleférico.

As favelas assinaladas com o relevo plano tenderão a apresentar maiores facilidades de acesso aos sistemas de transporte, quando comparadas com aquelas em relevo inclinado e sem adaptações de transporte.

Por meio de visitas de campo e análise de cartas topográficas locais, foi possível identificar que as favelas do entorno das estações a partir de Oswaldo Cruz, em direção à Santa Cruz, estão localizadas, sobretudo, em terreno plano, já que grande parte está situada em áreas de depósitos fluviais e flúvio-marinhos (SILVA *et al.*, 2000).

Da estação Central até Oswaldo Cruz é possível encontrar uma maior população favelada ocupando encostas de morros, o que pode indicar maiores dificuldades desses moradores no acesso ao sistema ferroviário.

Dessas, até o momento, apenas o Morro da Providência, localizado nas adjacências da estação Central, recebeu infraestrutura de transporte adaptada ao relevo, nesse caso com instalação de teleférico que liga a favela à estação.

### **7.3. Fatores e variáveis que influenciam na mobilidade no entorno do corredor de Santa Cruz**

Com o objetivo de identificar a relação das variáveis explicativas dos diferentes fatores na mobilidade ferroviária, foram realizadas correlações dessas variáveis com as viagens (embarque e desembarque) de cada estação no horário entre as 05h e 19h, que é o disponibilizado (SETRANS, 2013).

Dentre as variáveis do fator Uso do Solo, foram analisadas as variáveis densidade populacional, densidade de emprego e diversidade do uso do solo dos bairros onde estão localizadas as estações.

No que diz respeito ao ambiente urbano, foram utilizadas 2 variáveis, todas relacionadas à presença da favela: área total da favela dentro do raio de 800m e estações que apresentam área favela em seu entorno superior 20.000m<sup>2</sup> que não seja pacificada.

Em relação a variáveis socioeconômicas foram analisados: IDH, renda e porcentagem da população com renda inferior a 1 salário mínimo. Já no fator Transporte foi estudada a influência da variável integração intermodal.

Em relação ao sistema ferroviário, foram analisadas as variáveis: conectividade da estação (número de ramais que param em cada estação); tempo de viagem; e capacidade (número de trens ofertados das 04h as 08h em cada estação). Para a análise do tempo de viagem foram utilizados os valores brutos, diferentes dos apresentados no apêndice 3.

A partir da análise da matriz de correlação, é possível afirmar que a variável que apresentou maior relação com as taxas de viagens foi a densidade de empregos (0,954), seguida pela oferta de trens (0,669), conectividade (0,676) e integração (0,625), demonstrando a importância das variáveis relacionadas ao Nó para a mobilidade ferroviária na cidade do Rio de Janeiro (Tabela 7.2).

A variável tempo de viagem foi, dentre as correlações negativas, a que apresentou maior coeficiente (-0,420), evidenciando uma relação dessa com a mobilidade, no qual quanto maior o tempo de viagem (menor acessibilidade), menor é a tendência de realização de viagens.

Essa variável também apresentou alta correlação com a oferta de trens, que dentre as variáveis do fator transporte, foi a que teve maior relação com a geração de viagens. A alta correlação entre as duas variáveis explicativas do sistema ferroviário é justificada tanto por ter um menor tempo de espera nas estações com maior oferta de trens, quanto por as estações com maior oferta tenderam a ter maior conectividade com os demais ramais (Apêndice 5).

**Tabela 7.2** - Correlação entre as variáveis explicativas e as viagens ferroviárias

<b>Fator</b>	<b>Variável</b>	<b>Correlação</b>
Uso do solo	Densidade Populacional	-0,062
	Densidade de Emprego	0,954
	Diversidade do uso do solo	-0,242
Ambiente Urbano	Área total das favelas	-0,095
	Presença de área favelada não pacificada superior a 20.000m <sup>2</sup>	-0,242
Socioeconômico	Renda média domiciliar	0,083
	Porcentagem da população com renda < S.M.	-0,198
	IDH	0,236
Transporte	Integração	0,625
Sistema Ferroviário	Conectividade	0,676
	Oferta de trens	0,669
	Tempo de viagem	-0,420

A variável conectividade também apresentou alta correlação com a densidade de emprego, mostrando como o número de ramais ofertados em cada estação pode contribuir para a oferta de empregos locais, ao mesmo tempo em que pouco contribui para a densidade populacional.

Gonçalves *et al.* (2012a) e Andrade *et al.* (2014), que realizaram estudos em sistemas ferroviários da RMRJ, demonstraram que, diferente do observado na bibliografia internacional, as variáveis renda e IDH do fator Socioeconômico e a variável população do Fator Uso do Solo não apresentam alta correlação com as taxas de viagens.

A fim de verificar se é uma deficiência ferroviária ou uma característica local, as variáveis desses fatores analisadas na correlação ferroviária (Tabela 7.2) também foram analisadas em relação as viagens motorizadas (Tabela 7.3).

Como variável dependente, foram utilizadas as viagens motorizadas realizadas nos bairros onde estão localizadas as estações. A população e o emprego foram analisados em valores totais, e não em densidade, como foi feito com as viagens ferroviárias.

Optou-se por utilizar os valores totais na medida em que esses são disponibilizados na escala bairro, assim como as viagens motorizadas, diferente das ferroviárias que estão localizadas em pontos específicos e podem não atender toda a população do bairro.

**Tabela 7.3** - Correlação entre as variáveis dos fatores Uso do Solo e Socioeconômico com as viagens motorizadas

<b>Fator</b>	<b>Variável</b>	<b>Correlação</b>
Uso do Solo	População	0,410
	Empregos	0,898
	Diversidade do uso do solo	-0,382
Socioeconômico	Renda média domiciliar	0,137
	% da população com < S.M.	-0,194
	IDH	0,135

Dentre as variáveis do fator Uso do Solo, a que apresentou maior correlação com as viagens motorizadas foi empregos, enquanto que, no fator Socioeconômico, a variável 'porcentagem da população com renda inferior a um salário mínimo ' apresentou maior correlação, embora negativa e com coeficiente inferior a 0,2 (Tabela 7.3).

#### **7.4. Classificação das estações**

##### **7.4.1. Quanto à capacidade de gerarem ambientes sustentáveis (BERTOLINI, 1999)**

Apesar da alta correlação entre a conectividade e a geração de viagens, essa não foi utilizada para mensurar o Nó. Contudo, foi analisada de forma indireta, com a utilização do tempo de viagem (acessibilidade) e da oferta de trens (capacidade), já que essas duas variáveis tiveram alta correlação com a conectividade (Apêndice 5).

A variável tempo de viagem apresentou a maior relação negativa com as taxas de viagens; enquanto a variável oferta de trens, depois de conectividade, teve a maior positiva. As altas correlações justificam a escolha dessas variáveis para mensurar o Nó, confirmando a seleção previamente estabelecida.

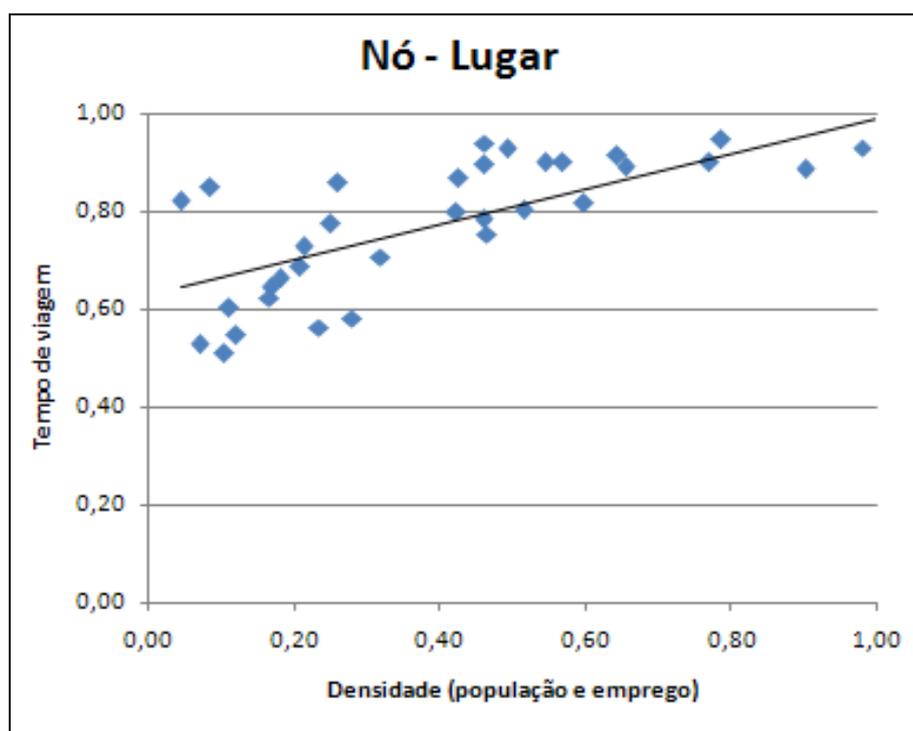
Para avaliar o Lugar, foi elaborado uma análise multicriterial com a variável emprego, que apresentou correlação com a variável dependente próxima a 1, e a variável população.

Embora a variável população não tenha apresentado correlação significativa no corredor em análise, de acordo com pesquisa bibliográfica essa apresenta alto potencial para gerar demanda de viagem.

Quando isso não ocorre deve-se investigar os motivos para tal, sendo um dos métodos possíveis, a análise do equilíbrio entre essa variável com a oferta de transporte (Nó).

Os gráficos dos modelos Nó - Lugar (Figura 7.7 e Figura 7.8) auxiliaram na classificação das estações de acordo com o equilíbrio, entre a oferta de transporte e demanda de viagens (BERTOLINI, 1999).

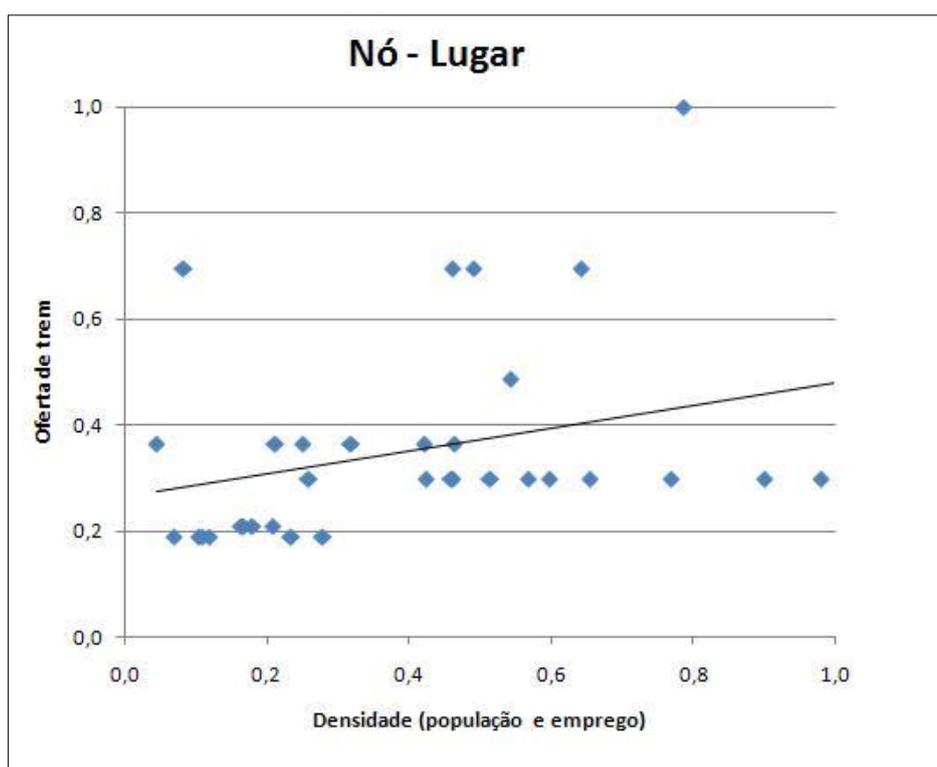
Para a elaboração desses, a estação Central foi desconsiderada devido seus altos valores tanto para o Nó (39% do das viagens realizadas no corredor), quanto para o Lugar (58% dos empregos dos bairros analisados), que causariam distorções nos gráficos, interferindo na análise comparativa.



**Figura 7.7:** Modelo Nó X Lugar (tempo de viagem / acessibilidade X densidade populacional e de empregos).

No entanto, a estação central não deixou de ser analisada, obtendo, como o esperado, a classe de estação problemática em ambas as análises (Quadro 7.1).

Todas as estações de Senador Camará até Santa Cruz foram classificadas como Estações Dependentes nas duas análises, demonstrando tanto uma baixa densidade dos bairros, quanto baixa oferta de transporte ferroviário (Quadro 7.1).



**Figura 7.8:** Modelo Nó X Lugar. Oferta de trens nas estações do corredor de Santa Cruz X densidade populacional e empregos totais dos bairros.

Das 35 estações analisadas, 13 e 15 estações foram classificadas como EE na primeira e segunda aplicação respectivamente. Essa foi a classe encontrada de maior frequência em ambas análises, apesar de apenas 7 apresentaram-se como equilibradas nas duas aplicações realizadas. São elas: Piedade, Madureira, Bento Ribeiro, Marechal Hermes, Magalhães Bastos, Realengo e Padre Miguel (Quadro 7.1).

**Quadro 7.1:** Classificação das estações quanto ao equilíbrio entre o Nó e o Lugar.

<b>Estação</b>	<b>Nó (Tempo/acessibilidade ) X Lugar (Pop. e Emprego)</b>	<b>Nó (Oferta de trens) X Lugar (Pop. e Emprego)</b>
Central	Estações problemáticas (EP)	Estações problemáticas (EP)
Praça da Bandeira	Lugar desequilibrado (LD)	Lugar desequilibrado (LD)
São Cristovão	Estações equilibradas (EE)	Estações problemáticas (EP)
Maracanã	Estações problemáticas (EP)	Lugar desequilibrado (LD)
Mangueira	Estações equilibradas (EE)	Lugar desequilibrado (LD)
São Francisco Xavier	Nó desequilibrado (ND)	Estações equilibradas (EE)
Riachuelo	Nó desequilibrado (ND)	Estações equilibradas (EE)
Sampaio	Nó desequilibrado (ND)	Estações equilibradas (EE)
Engenho Novo	Estações equilibradas (EE)	Lugar desequilibrado (LD)
Méier	Estações equilibradas (EE)	Lugar desequilibrado (LD)
Engenho de Dentro	Nó desequilibrado (ND)	Estações equilibradas (EE)
Piedade	Estações equilibradas (EE)	Estações equilibradas (EE)
Quintino	Nó desequilibrado (ND)	Estações equilibradas (EE)
Cascadura	Nó desequilibrado (ND)	Estações equilibradas (EE)
Madureira	Estações equilibradas (EE)	Estações equilibradas (EE)
Oswaldo Cruz	Estações equilibradas (EE)	Lugar desequilibrado (LD)
Bento Ribeiro	Estações equilibradas (EE)	Estações equilibradas (EE)
Marechal Hermes	Estações equilibradas (EE)	Estações equilibradas (EE)
Deodoro	Nó desequilibrado (ND)	Nó desequilibrado (ND)
Vila Militar	Nó desequilibrado (ND)	Nó desequilibrado (ND)
Magalhães Bastos	Estações equilibradas (EE)	Estações equilibradas (EE)
Realengo	Estações equilibradas (EE)	Estações equilibradas (EE)
Padre Miguel	Estações equilibradas (EE)	Estações equilibradas (EE)
Guilherme da Silveira	Estações dependentes (ED)	Estações equilibradas (EE)
Bangu	Estações dependentes (ED)	Estações equilibradas (EE)
Senador Camará	Estações dependentes (ED)	Estações dependentes (ED)
Santíssimo	Estações dependentes (ED)	Estações dependentes (ED)
Augusto Vasconcelos	Estações dependentes (ED)	Estações dependentes (ED)
Campo Grande	Estações dependentes (ED)	Estações dependentes (ED)
Benjamin do Monte	Estações dependentes (ED)	Estações dependentes (ED)
Inhoaíba	Estações dependentes (ED)	Estações dependentes (ED)
Cosmos	Estações dependentes (ED)	Estações dependentes (ED)
Paciência	Estações dependentes (ED)	Estações dependentes (ED)
Tancredo Neves	Estações dependentes (ED)	Estações dependentes (ED)
Santa Cruz	Estações dependentes (ED)	Estações dependentes (ED)

A classe com segunda maior frequência nas duas aplicações foi a ED, no qual 12 estações (de Guilherme da Silveira a Santa Cruz) foram classificadas nesta categoria quando analisado o tempo de viagem (acessibilidade) e 10 (de Senador Camará a Santa Cruz), quando analisado a oferta de trens (capacidade).

A terceira categoria mais frequente na primeira aplicação foi a ND com 8 estações, enquanto na segunda foi a LD com 6 estações.

#### **7.4.2. Em função dos níveis de (i)mobilidade ferroviária e motorizada**

Para a análise das viagens ferroviária (embarque e desembarque) foi utilizado o Plano Diretor de Transporte Urbano (PDTU), com dados de 2011 (SETRANS, 2013).

Após identificar as taxas de mobilidade ferroviária e motorizada de cada estação, foi calculado suas médias, novamente desconsiderando os valores da estação Central, devido os seus altos valores que poderiam distorcer a análise comparativa.

Além de concentrar cerca de 39% das viagens realizadas no corredor ferroviário em análise, o bairro onde está localizada concentra aproximadamente 19% das viagens motorizadas da área de estudo. Contudo, apesar de seu valor não ser utilizado como parâmetro para cálculo da média, essa também foi classificada (SETRANS, 2013).

A taxa média de mobilidade ferroviária do corredor (excluindo a estação central) é de 0,53 viagens/pessoa, enquanto a mobilidade motorizada é de 2,81 viagens/pessoa, o que reforça o sucateamento do sistema ferroviário da cidade do Rio de Janeiro indicado por Gonçalves *et al.* (2012a).

Em relação à mobilidade ferroviária, as taxas variam de 8,41 na Central à 0,031 em Tancredo Neves (SETRANS, 2013), já a mobilidade motorizada varia entre 24,695 na Central à 0,518 na Vila Militar (Quadro 7.2).

De Santa Cruz até Senador Camará, todas as estações foram classificadas como BM. Ou seja, os valores da mobilidade ferroviária e motorizada do bairro estão abaixo da média do corredor, o que pode indicar uma imobilidade da população residente e uma consequente segregação espacial (Figura 7.9).

**Quadro 7.2:** Taxas de mobilidade das estações e dos bairros do corredor de Santa Cruz

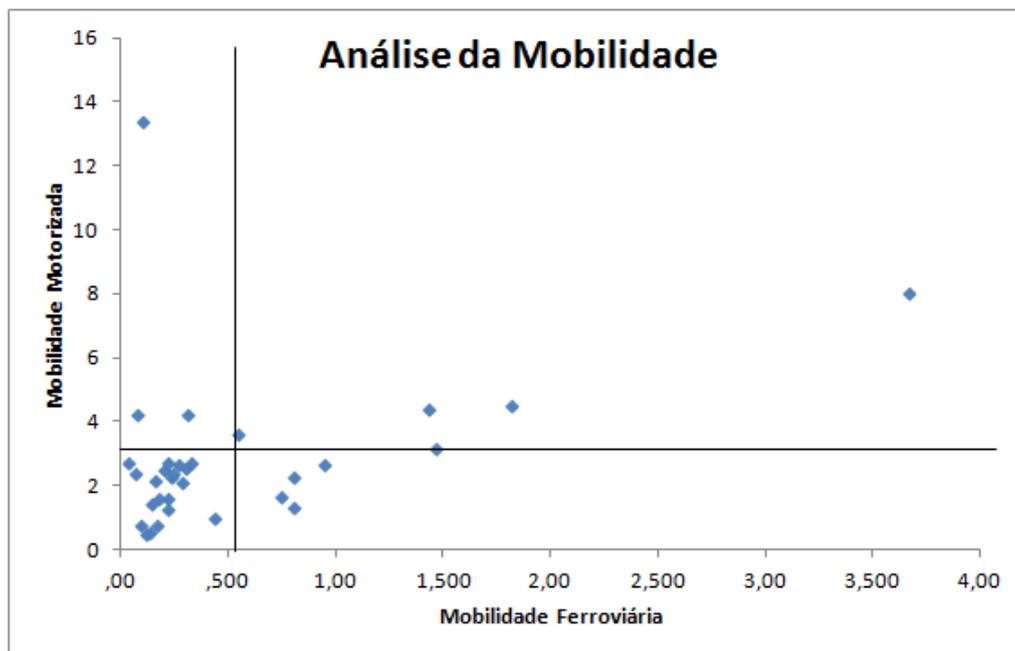
<b>Estação</b>	<b>Taxa de mobilidade ferroviária</b>	<b>Taxa de mobilidade motorizada do bairro</b>	<b>Classe</b>
Central	8,416	24,695	Alta mobilidade (AM)
Praça da Bandeira	1,422	4,393	Alta mobilidade (AM)
São Cristovão	3,660	8,006	Alta mobilidade (AM)
Maracanã	0,096	13,360	Estação subutilizada (ES)
Mangureira	0,742	1,648	Alta ferroviária (AF)
São Francisco Xavier	1,433	*	-
Riachuelo	0,793	1,325	Alta ferroviária (AF)
Sampaio	0,428	1,001	Baixa mobilidade (BM)
Engenho Novo	0,228	2,247	Baixa mobilidade (BM)
Méier	0,541	3,630	Alta mobilidade (AM)
Engenho de Dentro	0,798	2,255	Alta ferroviária (AF)
Piedade	0,261	2,660	Baixa mobilidade (BM)
Quintino	0,197	2,503	Baixa mobilidade (BM)
Cascadura	0,943	2,672	Alta ferroviária (AF)
Madureira	1,815	4,513	Alta ferroviária (AF)
Oswaldo Cruz	0,214	2,732	Baixa mobilidade (BM)
Bento Ribeiro	0,215	1,594	Baixa mobilidade (BM)
Marechal Hermes	0,274	2,087	Baixa mobilidade (BM)
Deodoro	1,461	3,188	Alta mobilidade (AM)
Vila Militar	0,129	0,518	Baixa mobilidade (BM)
Magalhães Bastos	0,296	2,534	Baixa mobilidade (BM)
Realengo	0,086	0,744	Baixa mobilidade (BM)
Padre Miguel	0,200	*	-
Guilherme da Silveira	0,067	4,203	Estação subutilizada (ES)
Bangu	0,305	4,203	Estação subutilizada (ES)
Senador Camará	0,110	0,459	Baixa mobilidade (BM)
Santíssimo	0,173	1,588	Baixa mobilidade (BM)
Augusto Vasconcelos	0,215	1,274	Baixa mobilidade (BM)
Campo Grande	0,317	2,740	Baixa mobilidade (BM)
Benjamin do Monte	0,031	2,740	Baixa mobilidade (BM)
Inhoaíba	0,161	0,773	Baixa mobilidade (BM)
Cosmos	0,137	1,409	Baixa mobilidade (BM)
Paciência	0,151	2,144	Baixa mobilidade (BM)
Tancredo Neves	0,061	2,386	Baixa mobilidade (BM)
Santa Cruz	0,236	2,386	Baixa mobilidade (BM)
Média (sem central)	0,535	2,810	-

\* Sem dados disponíveis

A partir da análise do Quadro 7.2 é possível observar que 20 estações apresentam BM e 3 foram classificadas como ES, ou seja 63,9% estão entre as classes de maior interesse para o presente estudo, seja por exporem uma oportunidade para o aumento da geração de viagens ferroviárias ou por apresentarem um entorno com maiores carências de intervenções.

Cinco estações foram identificadas como AM (alta mobilidade), no qual três dessas são as estações mais centrais do corredor (Central, Praça da Bandeira e São Cristovão). As outras duas estações são Méier, que teve o bairro identificado como um subcentro local, e Deodoro, que é última estação do corredor de Santa Cruz, que realiza integração com o ramal de Japeri (Quadro 7.2 e Figura 7.9).

As estações Mangueira, Riachuelo, Engenho de Dentro, Cascadura e Madureira apresentaram classe AF, ou seja, mobilidade ferroviária acima da média e mobilidade motorizada abaixo.



**Figura 7.9** - Análise da mobilidade nas estações e bairros do corredor Santa Cruz

## 7.5. Análise dos resultados

### **Fatores e variáveis que influenciam na mobilidade**

A partir da análise da correlação entre as viagens ferroviárias e as variáveis explicativas é possível afirmar que, dentre as variáveis analisadas, o emprego e as variáveis dos fatores Transporte e Sistema Ferroviário são as que mais contribuem para a geração de viagens no corredor em estudo.

Diferente da bibliografia internacional consultada (Quadros 4.3 e 4.4), a variável densidade populacional não demonstrou ter um papel significativo na geração de viagens ferroviárias, apresentando correlação próxima de zero (Tabela 7.2).

Analisando a tabela 7.3 é possível identificar que essa variável apresenta uma maior contribuição para a geração de viagens motorizadas (correlação de 0,410), reafirmando a hipótese de desperdícios da infraestrutura ferroviária.

Em ambas as análises a diversidade do uso do solo também apresentou resultados diferentes do esperado com base na literatura internacional. Essa teve uma correlação negativa com a mobilidade ferroviária (-0,242) e motorizada (-0,382), o que pode ser em função do uso do solo predominantemente comercial ou empresarial gerar, no Brasil, mais viagens do que um uso do solo misto.

A variável "porcentagem da população com renda inferior a um salário mínimo" apresentou correlação semelhantes em ambas análises (Tabela 7.2 e Tabela 7.3). Seu valor negativo indica que quanto maior a porcentagem de população nessas condições, menor será a geração de viagens.

Apesar de coeficiente baixo nas duas aplicações, esses foram superiores à variável "renda média domiciliar", no qual não foi observado um relevante aumento na geração de viagens de acordo com o aumento da renda.

Esse resultado indica que há uma maior relação entre a variável "porcentagem da população com renda inferior a um salário mínimo" com a imobilidade (incapacidade de realizar deslocamento devido à incompatibilidade da renda com as tarifas), do que uma relação da variável renda com a mobilidade.

Comparando os resultados das correlações da renda média com as viagens ferroviárias e motorizadas, o menor coeficiente na análise ferroviária pode induzir que indivíduos com maior renda tendam a optar por outros modos de transporte motorizado. Ou ainda, como assinalaram Andrade *et al.* (2014), pode reafirmar a hipótese de que não há relação entre a alta renda e a realização de viagens pendulares mais longas, na medida em que os subúrbios brasileiros, que são parcialmente servidos pelos trens, são tipicamente ocupados por populações de menor renda.

Conforme indicado pela bibliografia internacional, mas em oposição ao esperado para a análise na RMRJ, a variável IDH apresentou maior correlação com as viagens ferroviárias do que com as viagens motorizadas (Tabela 7.2 e 7.3).

A partir dessa análise é possível ponderar que, apesar do sistema ferroviário no Rio de Janeiro pouco contribuir para o desenvolvimento humano, esse tende a colaborar mais do que os demais modos motorizados. É importante frisar que, nessa cidade o trem serve, sobretudo, os subúrbios, e que poucas das estações analisadas estão em áreas centrais, onde os demais modos motorizados podem ter uma maior correlação com o IDH.

A variável área favelada mostrou baixa correlação com as viagens ferroviárias (0,095), o que é compreensível, levando em consideração os resultados anteriores, no qual a densidade populacional também não foi influente para mobilidade por trem.

A partir da análise da presença de área favelada não pacificada superior à 20.000m<sup>2</sup>, que apresentou correlação de -0,242, é possível afirmar que a segurança nesses locais tem uma maior influência nas taxas de viagens e que a presença de favelas não pacificadas podem repulsar passageiros.

### **Classificação das estações - Equilíbrio entre o Nó e o Lugar (BERTOLINI, 1999)**

No que diz respeito à classificação, quanto o equilíbrio entre o Nó e o Lugar, as estações localizadas a partir de Bento Ribeiro, em direção à Santa Cruz, com exceção de Guilherme da Silveira e Bangu, tenderam a apresentar a mesma classe nas duas análises realizadas, variando entre ND, EE e ED (Quadro 7.3).

Essa tendência revela que, a partir de Bento Ribeiro, há uma alta relação entre o tempo de viagem (acessibilidade) e a oferta de trens (capacidade), apesar da baixa correlação entre as duas variáveis (Apêndice 6).

A partir de Senador Camará, todas foram classificadas como ED, indicando carência de intervenções tanto nos fatores referentes ao Uso do Solo, quanto nos referentes ao Sistema Ferroviário (acessibilidade e capacidade).

Estações mais próximas ao centro apresentaram uma relação menor entre as duas classes geradas, o que pode ser justificado pela menor frequência de trens em estações que não são servidas pelo ramal Santa Cruz (Figura 7.1) no horário de pico.

Essas, apesar da menor oferta de trens, quando comparado com as outras estações, apresentam tempo de viagem relativamente curto por estarem próximas a estações de conectividade com todos os ramais.

As estações centrais apresentaram menores relações não só entre as duas aplicações, como também com as demais estações próximas, não sendo possível identificar demais trechos de grandes extensões com carências semelhantes.

Seis estações foram classificadas como Lugar Desequilibrado na análise da capacidade e apenas uma quando analisado o tempo de viagem (Quadro 7.3). Todas essas estão localizadas entre a Praça da Bandeira e Oswaldo Cruz, e não são servidas pelos trens semidiretos do ramal de Santa Cruz (Figura 7.1).

A estação Praça da Bandeira foi única a apresentar LD em ambas análises. Embora esteja localizada próxima a estações que tenham conectividade com demais ramais, a mesma é servida apenas por um dos ramais que fazem parte do corredor Santa Cruz (ramal de Deodoro), e a alta densidade ocupacional desse local fez com que fosse identificado um desequilíbrio entre a demanda e a oferta.

Contudo, essa estação está localizada a menos de 400m da estação de trem de São Cristovão, que apresenta maior oferta de transporte, estando parte do bairro, desse modo, a uma distância de caminhada aceitável a outras estações do sistema ferroviário.

Na medida em que foi analisado a densidade do uso do solo na escala bairro, e não na escala local (entorno de 800m) da estação, a presença desses ambientes não influenciou a variável Lugar.

### **Relações entre as classes de Bertolini (1999) e a presença de favelas**

Apesar de não identificadas, nesse estudo, fortes tendências de agrupamento de classes de equilíbrio com o porte das favelas, foi possível observar que das cinco estações com área favelada no entorno com classe superior à 4 ( $> 300.00m^2$ ), três foram classificadas como ED em ambas análises do equilíbrio entre o Nó e o Lugar (Senador Camará, Cosmos e Inhoaíba) (Quadro 7.3).

Nas estações de Sampaio, Quintino e Deodoro, foram verificados Nós desequilibrados em pelo menos uma das análises, apesar dessas apresentarem porte de favela no entorno de classe 3, que poderia gerar demanda de viagens.

Nesses casos, é possível supor que há uma alta densidade de ocupação no entorno próximo à estação e baixa no restante do bairro. O que pode ser reforçado pela análise do histórico de ocupação da cidade e a relação dessa com os sistemas ferroviários (capítulo 7.1).

É possível que em estudos aplicados em demais cidades, com uma maior disponibilidade de dados e análise do uso do solo no entorno próximo, seja observada alguma relação entre as classes de equilíbrio e do porte da favela. Na medida em que, mensurando apenas a densidade da área adjacente à estação, as favelas possam influenciar no Lugar.

### **Classificação das estações - (i)mobilidade**

No que diz respeito a classes de (i)mobilidade, chama-se a atenção para as estações Maracanã, Guilherme da Silveira e Bangu, classificadas como ES (estação subutilizada - taxa de mobilidade ferroviária abaixo da média e motorizada acima), o que demonstra o potencial dessas para atrair passageiros, caso realizados investimentos no sistema ferroviário e no acesso a esse.

Dessas, a estação Maracanã demonstrou ser a mais subutilizada, já que apresenta mobilidade motorizada de 13,360 viagens/pessoa, enquanto a ferroviária é inferior a 0,1 (Quadro 7.2).

Analisando a questão social, é notória a diferença de classes de (i)mobilidade em relação à localização da estação no sistema ferroviário, já que, a partir de Senador Camará, todas foram classificadas como BM.

Essa classe de estação foi observada em 20, das 33 estações classificadas (2 estações não foram classificadas quanto a (i)mobilidade devido a falta de dados de viagens motorizadas do bairro).

A predominância de classes BM indica uma possibilidade de exclusão espacial de grande parte da população do entorno do corredor, caso essa não tenha acesso a serviços e oferta de emprego próximos ao local de residência.

O fato de a estação central ter sido desconsiderada para a realização da média, reforça as desigualdades de mobilidade ao longo do corredor.

### **Relações entre as classes de (i)mobilidade e a presença de favelas**

Assim como a análise do equilíbrio entre o Nó e o Lugar, também não foram encontrados tendências de agrupamento das classes de (i)mobilidade com as classes de favelas. Contudo, algumas considerações devem ser feitas.

A estação Mangueira apresentou classe de mobilidade AF (Alta ferroviária), que apresenta baixa mobilidade motorizada. No entanto, está localizada próximo à região central, onde as taxas de mobilidade motorizada tendem ser altas (Quadro 7.3).

Esse baixo valor para mobilidade motorizada, quando comparado com as demais do mesmo ramal, pode estar associado à presença da favela de classe 4 em seu entorno. Em uma análise inicial, essa imobilidade pode ser derivada tanto da baixa renda, quanto da dificuldade no acesso aos transportes motorizados, já que essa também foi classificada como de difícil acessibilidade, por ser locada em relevo inclinado.

Dessas, Sampaio e Quintino foram classificadas como BM, indicando que não há um aproveitamento nem dos recursos de transporte disponíveis nem do potencial das favelas em gerar viagens.

**Quadro 7.3:** Classes das estações quanto o equilíbrio entre o Nó e o Lugar, (i)mobilidade e porte de favelas.

<b>Estação</b>	<b>Nó (acessibilidade) X Lugar</b>	<b>Nó (capacidade) X Lugar</b>	<b>(i)mobilidade</b>	<b>Porte de favela</b>
Central	EP	EP	AM	2
Praça da Bandeira	LD	LD	AM	1
São Cristovão	EE	EP	AM	1
Maracanã	EP	LD	ES	2
Mangueira	EE	LD	AF	4
São Francisco Xavier	ND	EE	*	1
Riachuelo	ND	EE	AF	2
Sampaio	ND	EE	BM	3
Engenho Novo	EE	LD	BM	2
Méier	EE	LD	AM	1
Engenho de Dentro	ND	EE	AF	1
Piedade	EE	EE	BM	2
Quintino	ND	EE	BM	3
Cascadura	ND	EE	AF	2
Madureira	EE	EE	AF	2
Oswaldo Cruz	EE	LD	BM	2
Bento Ribeiro	EE	EE	BM	2
Marechal Hermes	EE	EE	BM	2
Deodoro	ND	ND	AM	3
Vila Militar	ND	ND	BM	0
Magalhães Bastos	EE	EE	BM	2
Realengo	EE	EE	BM	2
Padre Miguel	EE	EE	*	4
Guilherme da Silveira	ED	EE	ES	2
Bangu	ED	EE	ES	2
Senador Camará	ED	ED	BM	4
Santíssimo	ED	ED	BM	2
Augusto Vasconcelos	ED	ED	BM	2
Campo Grande	ED	ED	BM	1
Benjamin do Monte	ED	ED	BM	3
Inhoaíba	ED	ED	BM	5
Cosmos	ED	ED	BM	4
Paciência	ED	ED	BM	2
Tancredo Neves	ED	ED	BM	3
Santa Cruz	ED	ED	BM	2

\* Sem dados disponíveis referentes as viagens motorizadas

A estação com maior porte de favela em seus entorno (Inhoaiba), também foi classificada como BM (Quadro 7.3), confirmando a análise das correlações que indica que as favelas não se comportam como PGMV, apesar do potencial.

### **Relações entre as classes de Bertolini (1999) e as de (i)mobilidade**

Analisando a adaptação de Bertolini (1999), juntamente com as classes de (i)mobilidade, é possível afirmar que, a partir da estação Senador Camará, em direção à estação Santa Cruz, todas foram classificadas como estações dependentes e apresentaram baixa mobilidade (Quadro 7.3). Essa análise pode indicar que não há apenas uma baixa oferta de transporte ferroviário, mas de todos motorizados.

Das três estações classificadas como ES (subutilizadas), nenhuma apresentou ND. Bangu e Guilherme da Silveira foram classificadas como LD na análise do tempo de viagem, o que sinaliza que uma melhor conectividade dessas estações com demais ramais pode atrair usuários de outros modos de transporte.

Já a estação Maracanã, também classificada como ES, apresentou Lugar desequilibrado na capacidade, o que também demonstra uma oportunidade para a empresa operadora em aumentar a receita, caso seja aumentada a capacidade da estação.

Das 7 estações classificadas como equilibradas em ambas análises, cinco foram identificadas como apresentando baixa mobilidade (Quadro 7.3). Ou seja, apesar dessas apresentarem um equilíbrio entre a oferta e a demanda de transporte e, portanto, terem potencialidade de promoverem ambientes sustentáveis, características locais proporcionam imobilidade para parte da população, o que inviabiliza essas de serem socialmente sustentáveis.

Chama-se atenção também para a estação Vila Militar classificada como Nó desequilibrado nas duas análises e, no entanto, com baixa mobilidade, caracterizando um desperdício de oferta ferroviária.

## 7.6. Síntese da análise e recomendações

Analisando a renda ao longo do corredor, é possível observar que após a estação Méier, em direção à Santa Cruz, não é encontrado nenhum bairro com entorno de classe social predominantemente B (Quadro 7.4) .

Por outro lado, das três estações mais centrais, duas (Central e São Cristovão) apresentam renda C, o que pode ser compreendido por meio do histórico de ocupação da cidade, no qual o centro passou, a partir do final do século XIX, a não atrair as classes mais altas e expulsar parte dos mais pobres (capítulo 7.1).

Nenhuma estação com classe de mobilidade BM apresentou entorno com renda superior à C, o que reforça o papel dessa variável na geração de viagens, apesar de não ter sido encontrado altas correlações entre a variável renda média e viagens ferroviárias.

Conforme esperado, foi observado alta relação entre a presença de favelas e renda. Nenhuma estação com renda predominantemente B, apresenta área favela superior à 150.000m<sup>2</sup> e todas com área superior à 300.000m<sup>2</sup> apresentaram renda D (Quadro 7.1).

No entanto, foi verificado que a última estação do corredor (Santa Cruz) apresentou entorno com área favelada inferior à 20.000m<sup>2</sup> e população com classe de renda predominantemente D.

Essa análise pode indicar que populações dos bairros formais localizados nos subúrbios mais distantes apresentam características socioeconômicas semelhantes a dos moradores das favelas. Assim, possíveis diferenças na imobilidade dessas duas populações poderiam ser mais em função do acesso ao sistema de transporte do que da renda.

Foi identificado uma relação das classes de estações ED (estação dependente) com a presença de favelas de área superior à 300.000m<sup>2</sup> (classe 4). No entanto, acredita-se não ser uma tendência, na medida em que essa relação não seria em função de peculiaridades no acesso ou densidade das favelas, mas sim da localização dessas, em que as de maior área estão situadas nas extremidades do corredor, onde também é menor a oferta ferroviária e densidade do bairro formal.

A variável "área favelada" apresentou correlação de -0,095 com as viagens ferroviárias, indicando que o porte das favelas no entorno das estações não contribuem para a mobilidade ferroviária, apesar de serem locais com alta densidade populacional.

Também não foram identificadas relações significativas referente à topografia das favelas (acessibilidade) e as classes de mobilidade. Era esperado que estações com favelas íngremes no entorno apresentassem piores índices de mobilidade.

No entanto, até Oswaldo Cruz há a predominância de favelas em terrenos íngremes e essas, localizadas mais próximas ao centro, apresentam entorno de maior renda e maior oferta de transporte, o que pode justificar a melhor mobilidade, apesar do terreno.

Das estações classificadas como BM, 10 tem população pertencente principalmente à classe C e 10 pertencentes à classe D. Dessas, apenas Campo Grande e Santa Cruz possuem área favelada no entorno inferior a 20.000m<sup>2</sup>.

Dentre as principais tendências observadas, pode-se citar que todas as estações classificadas como dependentes nas duas aplicações apresentaram baixa mobilidade, e com exceção do bairro de Campo Grande (estações de Campo Grande e Benjamin do Monte), também têm população predominantemente pertencente à classe social D (Quadro 7.4). Essas estão localizadas na extremidade suburbana do corredor, a partir da estação Senador Camará.

É preocupante o fato de, além de estarem localizadas longe do centro da cidade, que as torna mais dependentes do transporte ferroviário, 5 dessas apresentam índices população/emprego superior a 10, o que pode sugerir exclusão socioespacial da população desses bairros.

Essa baixa mobilidade nas estações com maiores índices população/emprego é justificada pelos resultados das correlações, no qual a variável população não demonstrou ser influente na geração de viagens ferroviárias. Para as viagens motorizadas, essa apresentou maior influência, contudo, menor do que a identificada nos estudos internacionais.

Essas estações mais críticas, localizada a partir de Senador Camará, apresentaram diferentes porte de favelas no entorno da estação. Cinco dessas têm classe

de favelas inferior à 3 e apresentam piores índices que estações mais centrais com porte de favela igual ou superior a 3 (Maracanã, Sampaio, Quintino e Deodoro).

**Quadro 7.4 - Síntese dos resultados**

Estação	Nó (aces.) X Lugar	Nó (capac.) X Lugar	(i)mobili- dade	Classe Social**	Índice Pop / Emprego
Central	EP	EP	AM	C	0,07
Praça da Bandeira	LD	LD	AM	B	0,67
São Cristovão	EE	EP	AM	C	0,38
Maracanã	EP	LD	ES	B	1,07
Mangueira	EE	LD	AF	D	30,44
S. Francisco Xavier	ND	EE	*	C	0,37
Riachuelo	ND	EE	AF	B	4,01
Sampaio	ND	EE	BM	C	8,01
Engenho Novo	EE	LD	BM	C	4,31
Méier	EE	LD	AM	B	2,94
Engenho de Dentro	ND	EE	AF	C	5,19
Piedade	EE	EE	BM	C	7,07
Quintino	ND	EE	BM	C	12,90
Cascadura	ND	EE	AF	C	4,64
Madureira	EE	EE	AF	C	2,19
Oswaldo Cruz	EE	LD	BM	C	10,83
Bento Ribeiro	EE	EE	BM	C	13,51
Marechal Hermes	EE	EE	BM	C	8,61
Deodoro	ND	ND	AM	D	13,65
Vila Militar	ND	ND	BM	C	11,86
Magalhães Bastos	EE	EE	BM	D	41,06
Realengo	EE	EE	BM	D	11,56
Padre Miguel	EE	EE	*	D	17,86
G. da Silveira	ED	EE	ES	D	5,00
Bangu	ED	EE	ES	D	1,25
Senador Camará	ED	ED	BM	D	41,99
Santíssimo	ED	ED	BM	D	11,87
A. Vasconcelos	ED	ED	BM	D	17,19
Campo Grande	ED	ED	BM	C	1,25
Benjamin do Monte	ED	ED	BM	C	5,00
Inhoaíba	ED	ED	BM	D	13,64
Cosmos	ED	ED	BM	D	32,99
Paciência	ED	ED	BM	D	26,11
Tancredo Neves	ED	ED	BM	D	5,00
Santa Cruz	ED	ED	BM	D	1,25

\* Não analisado por falta de dados

☒ Porte da favela classe 0

□ Porte da favela classe 1

▣ Porte da favela classe 2

\*\* Classes sociais de acordo com o IBGE (2010)

B: 5 -15 SM (salários mínimos); C: 3-5 SM; D 1-3SM

▤ Porte da favela classe 3

▥ Porte da favela classe 4

▦ Porte da favela classe 5

A fim de promover ambientes mais sustentáveis e inclusão espacial da população mais carente, recomenda-se que seja promovido um adensamento no uso do solo no entorno das estações de Senador Camará até Santa Cruz, com um aumento da oferta de empregos, principalmente no entorno das estações de Senador Camará, Paciência e Cosmos, que apresentaram menores índices população/emprego.

A partir dessa intervenção seria possível diminuir as necessidades de deslocamento por meio da promoção da acessibilidade local, ao mesmo tempo em que aumentaria a demanda por viagens. Em busca do equilíbrio, a empresa operadora tenderia a aumentar a oferta ferroviária e o sistema passaria a gerar viagens compatíveis com a capacidade do modal.

No que se refere a acessibilidade regional, uma maior oferta de transporte nesse trecho do ramal poderia ser ainda mais significativa para o entorno das estações de Senador Camará, Inhoáíba e Cosmos, que apresentam área favelada de classe superior a 4, o que pode indicar uma maior densidade populacional no entorno próximo.

A oferta ferroviária deverá ser aumentada, tanto no que se refere à oferta de lugares, quanto à acessibilidade (tempo de viagem). Uma possível intervenção para redução do tempo de viagem dessas estações a demais do sistema, seria a construção de linhas auxiliares, conectando estações periféricas a demais ramais.

Contudo, demais estudos devem ser realizados contemplando a origem e destino das viagens e, portanto, a demanda para os demais ramais. Uma alternativa de menor custo seria a oferta de ônibus convencionais ou BRTs, realizando essas conexões.

Na medida em que todas as estações classificadas como ES (subutilizadas) apresentaram baixo valor do Nó em pelo menos uma análise, é indicado que aumente, nessas estações, a oferta (acessibilidade a demais estações do sistema ou a capacidade), de acordo com a carência apresentada.

Visto que a correlação da renda com as viagens motorizadas, foi maior do que com as viagens ferroviárias, indicando a preferência por outros modais pelos indivíduos de maior renda, sugere-se investir na qualidade de serviço de todo o sistema para atrair usuários de outros modos.

Recomenda-se, ainda, a realização de políticas tarifárias para incluir os mais carentes, na medida em que, apesar da baixa relação entre a renda e geração de viagens, nenhuma estação BM (baixa mobilidade) apresentou entorno com renda superior à C, reforçando a relação entre a baixa renda e a imobilidade.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dissertação apresentou a problemática da exclusão espacial e imobilidade com a conseqüente reprodução da pobreza que, junto à questão da subutilização do sistema ferroviário no Brasil, e mais especificamente na RMRJ, motivaram a elaboração de métodos de classificação de estações ferroviárias quanto a capacidade de gerarem ambientes sustentáveis, levando em consideração as especificidades brasileiras a partir de uma adaptação de Bertolini (1999).

A proposta apresentou uma relevante análise por consistir em um tema pouco abordado internacionalmente, apesar de ser conhecido o papel do transporte público como ferramenta de inclusão social dos mais carentes, que nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento estão concentrados, sobretudo, em áreas periféricas e faveladas.

O processo de urbanização da cidade do Rio de Janeiro segregou as classes sociais de acordo com os bairros e também internamente, com a presença de favelas. As estações do corredor mais distantes do centro da cidade seriam aquelas que, historicamente, apresentariam entorno de menor renda.

Apesar de servidos pelo sistema ferroviário, a população dos bairros periféricos apresentou baixa mobilidade tanto ferroviária, quanto dos demais modos de transporte motorizados.

Admiti-se que, apesar de haver uma infraestrutura ferroviária, esse sistema de transporte não está integrado ao uso do solo, além de não oferecer uma capacidade de lugares compatível com o modal. Desse modo, há um desperdício do potencial ferroviário em promover a participação social e econômica dos mais pobres.

No corredor em análise, foi verificado um desenvolvimento nas regiões centrais, onde estão concentradas as ofertas de empregos.

A variável emprego foi a que mais se destacou na análise das correlações com as viagens ferroviárias, o que pode justificar as baixas taxas de viagens em algumas estações suburbanas, apesar de parte apresentar alta demanda expressa pela população no entorno que, no caso das favelas, apresentam uma ocupação mais compacta e poderia se constituir como PGV.

As correlações indicaram que o porte das favelas pouco contribui para a geração de viagens, e que a variável segurança expressa pela presença ou não de UPPs, têm uma maior influência, podendo a presença de favelas não pacificadas inibirem a geração de viagens.

Não foram identificadas relações significativas referentes à topografia das favelas e as classes de mobilidade. Contudo, é possível que sejam encontradas relações mais expressivas em outras aplicações com maior disponibilidade de dados ou recursos que possibilitem a análise da mobilidade exclusivamente no entorno da estação, ou sejam investigados outros padrões de acessibilidade, tal como proposto por Scovino (2008).

Foi verificado que regiões com presença de favelas de grande porte apresentam mobilidade semelhante aos bairros formais de renda semelhante, sem ou com pouca presença de favela.

A variável renda média familiar também, diferente do observado na bibliografia internacional, não apresentou alta correlação com as taxas de viagens, no entanto, a presença de populações com renda inferior a um salário mínimo demonstrou afetar essa de forma negativa.

A partir da análise das duas variáveis é possível concluir que há baixa mobilidade ferroviária por uma possível incompatibilidade dos rendimentos com as tarifas e também pelas pessoas de maior renda optarem por outros modos de transporte. Dentre as medidas necessárias para incentivar a migração de usuários de demais modais para o ferroviário, destaca-se investimento na qualidade de serviço.

Dentre os indicadores para mensurar a qualidade de serviço, destaca-se o tempo de viagem, utilizado como variável por Papa *et al.* (2008), para calcular o Nó em uma aplicação adaptada de Bertolini (1999). Esse se distingue, ainda, por ser capaz de mensurar a acessibilidade da estação a demais do sistema, possuindo, dessa forma, também atributos da conectividade (números de ramais servidos em cada estação).

As altas correlações das variáveis dos fatores Transporte (variável integração) e Sistema ferroviário (variáveis conectividade, oferta de trens e tempo de viagem), reforçam a importância dos atributos relacionados ao Nó para a atração de passageiros.

Foram realizadas duas adaptações de Bertolini (1999) com duas variáveis distintas (tempo de viagem e oferta de trens) para o Nó em cada uma delas. A aplicação utilizou como base dados disponibilizados do ano de 2014 e se demonstrou eficiente, já que, possivelmente buscando o equilíbrio, a empresa operadora promoveu recentes alterações na oferta ferroviária em algumas estações classificadas como desequilibradas, a partir de mudanças na operação (Anexo 1).

As estações São Francisco Xavier, Engenho de Dentro e Cascadura, classificadas como ND na análise do tempo de viagem, podem ter atingido o equilíbrio com recentes mudanças na operação, no qual essas não são mais estações que servem o ramal Santa Cruz no horário de maior demanda.

Por outro lado, a estação Maracanã, que foi classificada como LD em relação à oferta de trens, aumentou a sua oferta ferroviária, passando a servir todos os ramais (Anexo 1).

A adaptação do modelo de Bertolini (1999), levando em consideração especificidades de alguns países subdesenvolvidos, tais como presença de favelas, taxas de imobilidade e subutilização do modo ferroviário, pode servir como base para futuros estudos de elaboração de estratégias, que visem a geração de ambientes sustentáveis, incluindo especialmente as populações mais carentes e potencializando as capacidades do sistema ferroviário.

Para auxiliar futuras possíveis estratégias mais elaboradas, com base nos resultados e recomendações, sugere-se ainda a concepção de modelos econométricos, que poderão prever cenários futuros, caso sejam realizadas alterações em uma das variáveis consideradas no trabalho.

A simplificação do modelo apresentado, diminuindo o número de critérios analisados, pode facilitar e agilizar sua aplicação em locais com escassa disponibilidade de dados e recursos para pesquisa, ao mesmo tempo em que se mantém eficaz na análise.

Frisa-se que, os procedimentos propostos para a análise da mobilidade e da geração de viagens, assim como o modelo Nó-Lugar de Bertolini, são comparativos dentre as estações estudadas, o que facilitará a análise dos resultados em conjunto. No entanto, estações classificadas com boa mobilidade, por exemplo, podem apresentar

diferentes resultados quando comparadas com padrões internacionais, assim como a baixa oferta ferroviária, quando comparado com sistemas de transporte de cidades de países desenvolvidos, não implica em um maior número de estações classificadas como LD.

Foi verificada a importância da inclusão da análise da mobilidade e geração de viagens na medida em que, 5 estações classificadas como equilibradas nas duas análises apresentaram classe de mobilidade BM, indicando que a apesar de classificada como EE, necessita de intervenções urbanas, de transporte e sociais.

Apesar da classe ED atribuída a todas as estações a partir de Senador Camará nas duas análises, outros estudos com mais recursos devem ser realizados, analisando o uso do solo no entorno próximo a estação e não na escala bairro. Sabe-se que no entorno da estação de Campo Grande há intensidade de atividades, mas por ser um bairro de grandes dimensões territoriais e não ocupado de forma homogênea, esse admitiu uma baixa densidade.

Ressalta-se que a análise de classificação a ser orientada ao trem poderá ser estendida, após devidas adaptações, a outros sistemas de grande e média capacidade de transportes, tais como os metrô, que também passam por ampliações no Rio de Janeiro e os BRTs (bus rapid transits), implantados recentemente na cidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. A. Da habitação ao hábitat: a questão da habitação popular no Rio de Janeiro e sua evolução. **Revista Rio de Janeiro**. n. 10, maio-agosto, 2003.
- ANDRADE, G. T.; GONÇALVES, J. A. M.; PORTUGAL, L. S. Analysis of Explanatory Variables of Rail Ridership: The Situation of Rio de Janeiro. **Procedia: Social and Behavioral Sciences**. v. 162, pp. 449-458. 2014.
- ANDRADE, E. P. **Procedimento para formulação de cenários de ocupação habitacional ao longo de corredores de transporte**. Tese de doutorado, PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2013.
- ANTP - Agencia Nacional de Transporte Público. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana. **Relatório Geral**. Jul, 2014.
- ANSPACHER, D.; KHATTAK, A.; YIM Y.. The Demand for Rail Feeder Shuttles. **Journal of Public Transportation**, v.8, n.1, 2005.
- BASU, D.; HUNT, J. Valuing of attributes influencing the attractiveness off suburban train service in Mumbai city: A stated preference approach. **Elsevier, Transportations Research Part A**. v. pp. 1465–1476, Nov. 2012.
- BERTOLINI, L. Spatial development patterns and public transport: the application of analytical model in the Netherlands. **Planning Practice & Research**. v. 14, n.2, pp. 199-210, 1999.
- BERTOLINI, L. Sustainable urban mobility, an evolutionary approach . **European Spatial Research and Policy**, v. 12, n.1, pp. 109-125, 2005.
- BERTOLINI, L. Station areas as nodes and places in urban networks: An analytical tool and alternative development strategies. In: **Railway development**. Physica-Verlag v.49, pp. 35-57. 2008.
- BERTOLINI, L e SPIT, T. **Cities on rails: the redevelopment of railway areas**. Milton Keynes: Lightning Source, 2007.

- BINGLEI, U.; CHUAN, D. An Evaluation on Coordinated Relationship between Urban Rail Transit and Land-use under TOD Mod. **Journal of Transportations Systems Engineering and Information Technology**, v. 13, n. 3, 2013.
- BRASIL. **Constituição Federal**, 1988.
- BRONS, M.; GIVONI M.; RIETVELD P. Access to railway stations and its potential in increasing rail use. **Transportations Research Part A**, v. 28, 2008.
- BROWN, J., THOMPSON, G., BHATTACHARYA, E.; JAROSZYNSKI, M. Understanding transit ridership demand for the multi-destination, multi-modal transit network in Atlanta, Georgia: lessons for increasing rail transit choice ridership while maintaining transit-dependent bus ridership. In: 92<sup>th</sup> TRB (The Transportations Research Board) Annual Meeting, Washington, 2013.
- BRUINSMA, F., PELS, E., RIETVELD, P., PRIEMUS, H., WEE, B. The impact of railway development on urban dynamics. **Railway Development**. Physica-Verlag, v. 49, pp. 1-11, 2008.
- CAMPOS, V. B. G. Uma visão da mobilidade urbana sustentável. **Revista dos Transportes Públicos**. 2006
- CARLTON, I. Histories of Transit-Oriented Development: Perspectives on the Development of the TOD Concept. **Institute of Urban and Regional Development**. v. 2, pp. 1-30, 2009
- CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. **Panorama social de América Latina**. Santiago de Chile, 2007.
- CERVERO, R.. Transit-oriented development's ridership bonus: a product of self-selection and public policies. **Environment and Planning** v. 39, n. 9, pp. 2068-2085, 2007.
- CERVERO, R. State roles in providing affordable mass transport services for low-income residents. In: International Transport , Leipzig, 2011.
- CERVERO, R.. Linking urban transport and land use in developing countries. **The Journal of Transport and Land Use**. v. 6, n. 1, pp. 7-24, 2013.

- CHEN, C-H. P.; NAYLOR, G. An analytical framework for forecasting and evaluating the emissions impacts of Transit Oriented Development Strategies In: 92<sup>th</sup> TRB (The Transportations Research Board) Annual Meeting, Washington, 2013.
- CHU, X. **Ridership models at the stop level. national center of transit research.** Florida: National Center for Transit Research, University of South Florida, 2004.
- CUNHA, R. F. F. **Uma Sistemática de Avaliação e Aprovação de Projetos de Pólos Geradores de Viagens.** Dissertação de Mestrado, PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2009.
- CURTIS C. Planning for sustainable accessibility: The implementation challenge. **Elsevier Transport Policy**, v. 15, n. 2, pp .104 -112, Mar. 2008.
- CURTIS, C., A. HOWE, G; GLASS. Retrofitting TOD and managing the impacts: the case of sub centro. In CURTIS, C; RENNE, J.; BERTOLINI L. (eds.). *England Transit Oriented Development: Making it happen.* pp. 65-74, Farnham: Ashgate, 2009.
- DEBREZION, G.; PELS, E.; RIETVELD, P. Modelling the joint access mode and railway station choice. **Transportations Research Part E.** v. 45, pp. 270–283, 2009.
- DELBOSC, A.; CURRIE, G. The spatial context of transport disadvantage, social exclusion and well-being. **Journal of Transport Geography.** v. 19, pp. 1130–1137, 2011.
- DERISIO, J. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental.** 4<sup>a</sup> ed. Oficina de Textos 2012.
- DIRGAHAYANI, P.; SYABRI, I.; WALUYO, N. Land Governance For Equitable Transit Oriented Development In Densely Built Urbana Area. In: 94<sup>th</sup> TRB (The Transportations Research Board) Annual Meeting, Washington, 2015.
- DONG, Z.; MOKHTARIAN, P.; CIRCELLA, G. The Estimation of Changes in Rail Ridership through an On-Board Survey: Did Free Wi-Fi Make a Difference to Amtrak’s Capitol Corridor Service?. In: 92<sup>th</sup> TRB (The Transportations Research Board) Annual Meeting, Washington, 2013.

- DRUMM F. C.; GERHARDT, A. E.; FERNANDES, G. A.; CHAGAS . P ,  
SUCOLOTTI, M. S.; KEMERICH, P. D. A. Poluição atmosférica proveniente da  
queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista  
do Centro do Ciências Naturais e Exatas – UFSM.** v.18, n. 1, pp. 66-78, Abr.  
2014.
- DUDUTA, N. **Direct Ridership Model of Mexico City’s BRT and Metro Systems.**  
Washington, pp. 15, 2013.
- DURNING, M.; TOWNSEND C. A Direct Ridership Model of Rail Rapid Transit in  
Canada. In: 94<sup>th</sup> TRB (The Transportations Research Board) Annual Meeting,  
Washington, 2015.
- EUROPEAN COMMISSION. **Guía Desarrollo e Implementación de Planes de  
Movilidad Urbana Sostenible.** Brussels, 2014
- FREI, C.; MAHMASSANI H. Riding More Frequently: Disaggregate Ridership  
Elasticity Estimation for a Large Urban Bus Transit Network. In: 92<sup>th</sup> TRB (The  
Transportations Research Board) Annual Meeting, Washington, 2013.
- GEHL, J.; GEMZOE, L. **New City Spaces.** Copenhagen: The Danish Architectural,  
2003.
- GOMIDE, A. A. Transporte urbano e inclusão social: Elementos para políticas públicas.  
**Texto para discussão nº 960.** IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.  
Brasília, Julho, 2003
- GONÇALVES, J. A. M.; ANDRADE, G. T.; PORTUGAL, L. S. Fatores intervenientes  
na relação entre a inclusão social e o trem considerando as favelas e as taxas de  
embarque observadas nas estações. **Journal of Transport Literature.** v. 8, p. 37  
– 61, 2014a.
- GONÇALVES, J. A. M.; PORTUGAL, L.S; CARDOSO, B. C.; Estações  
Metroferroviárias. In: PORTUGAL, L.S (eds.) *Polos Geradores de Viagens  
orientados à Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de  
Viagens.* pp. 261 - 286. Rio de Janeiro: Interciência, 2012a.

- GONÇALVES, J. A. M.; PORTUGAL, L.S; NASSI, C.D. Investimentos no sistema ferroviário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: inclusão social e captação de usuários nas comunidades carentes. In: ANPET, Joinville, 2012b.
- GONÇALVES, C.; RODRIGUES, C.; BANDEIRA, R.; SILVA, M. Avaliação da Demanda de Passageiros do Teleférico do Alemão por Área de Influência. In: XVIII PANAM (Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito, Transporte y Logística), Santander, 2014b.
- GRIECO, E.; MARCOLINI,S.; PORTUGAL, L. S.; SOARES, O. Estabelecimentos residenciais, In: PORTUGAL, L. S. *Polos Geradores de Viagens Orientados à qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens* pp. 207-236. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.
- GUTIÉRREZ, O. D. C.; CARDOZO, O. D., GARCÍA-PALOMARES; J. C. Transit ridership forecasting at station level: an approach based on distance-decay weighted regression. **Journal of Transport Geography**. v. 19, pp. 1081-1092, 2011.
- HSU, Y.; LIN, W.; LAI, Y; KAO, T. Forecasting High-speed Rail Ridership Using Aggregate Data: A Case Revisit of High-speed Rail in Taiwan. In: 94<sup>th</sup> TRB (The Transportations Research Board) Annual Meeting, Washington, 2015.
- HYYNEN, A. Node-Place-Model: A strategic tool for regional land use planning. **Nordisk Arkitekturforskning**. v.4. pp. 21-29, 2005.
- IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Mobilidade de política urbana: subsídios para uma gestão integrada**. Ministério das Cidades, Rio de Janeiro, 2005. 52p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia. **Censo Demográfico**. Brasília, 2010.
- IDEA - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2006). **PMUS: Guía práctica para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible**. Madrid: TRANSyT, Centro de Investigación del Transporte de la Universidad Politécnica de Madrid, 2006, 160 p.

- IPP - Instituto Pereira Passos. **Cadernos do RIO: Favela x Não favela**. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 18p, 2013.
- IMT- Instituto da Mobilidade e dos transportes **Guia para a elaboração de planos de mobilidade e transportes**, 2011.
- ITDP - Institute for Transportation and Development Policy. **Tod Standard**. New York, pp. 78, 2014.
- KOCH, J.; LINDAU, L.; NASSI, D. Transporte nas Favelas do Rio de Janeiro. Lincoln Institute of Land Policy, 2013. Disponível em: <<http://www.mobilize.org.br/>>. Acesso: Jan. 2014.
- KUBY, M.; BARRANDA, A.; UPEHYRCH, C. Factors influencing light-rail station boardings in the United States. **Transportation Research Part A**. v.38, pp. 223-247, 2004.
- LARA, R., S., BRANDÃO, R G., PORTUGAL, L., S. Geração de embarques nas estações de trem da Cidade do Rio de Janeiro, VI Rio de Transportes. Rio de Janeiro, 2007.
- LEE J. Perceived Neighborhood Environment and Transit Use in Low-Income Populations. **Transportation Research Record**. n. 2397, pp. 125-134, 2013.
- LEITE, M. Da “metáfora da guerra” ao projeto de “pacificação”: favelas e políticas de segurança pública no Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Segurança Pública**. v.6, n. 2, pp. 374 – 389, São Paulo, Ago/Set 2012.
- LITMAN, T. **Evaluating Public Transit Benefits and Costs**. Victoria Transport Policy Institute, 2015, 140p.
- LITMAN, A. New Transit Safety Narrative. **Journal of Public Transportation**, v. 17, n. 4, pp. 22, 2014.
- LSE CITIES - The London School of Economics and Political Science. Cities and the new climate economy: The transformative role of global urban growth. **The new climate economy**, 2014, 68p.

- LUCAS, K. Making the connections between transport disadvantage and the social exclusion of low income populations in the Tshwane Region of South Africa. **Journal of Transport Geography**. v. 19, n. pp.1320-1334, 2011.
- MACHADO, L. **Índice de Mobilidade Sustentável para avaliar a qualidade de vida urbana : Estudo de caso Região Metropolitana de Porto Alegre**. Dissertação de Mestrado, PROPUR/UFRS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2010.
- MARICATO, H. Metr pole, legisla o e desigualdade. **Estudos Avançados**, v. 17, n. 48, 2003.
- MCCAHILL, C.; EBELING, M.; CODD, N. Growing a Culture of Transportation Sustainability in Massachusetts. In: 94<sup>th</sup> TRB (The Transportations Research Board) Annual Meeting, Washington, 2015
- MEZIANI, R. **Visibility Analysis of the Capital District in the 2030 Master Plan of Abu Dhabi**. Abu Dabi: Manfred Schrenk Press. pp. 12, 2012.
- MILOVIC, B. **The haves and have nots**. New York: Basics Books, 2011
- MONKKONEN, P. Measuring Residential Segregation in Urban Mexico: Levels and Patterns. **Institute of Urban and Regional Development**, 2010, 40p.
- MTI - Mineta Transportations Institute. **Understanding transit ridership demand for a multi-destination, multimodal transit network in an American metropolitan area: Lessons for increasing choice ridership while maintaining transit dependent ridership**. San José, 2012.
- NASRI, A.; ZHANG, L. Baltimore Metropolitan Areas. The Analysis of Transit-Oriented Development (TOD) in Washington D.C. In: 92<sup>nd</sup> TRB (The Transportations Research Board) Annual Meeting, Washington, 2013.
- NELSON, A.; MILLER, M.; KIM, K.; GANING, J.; LIU, J.; EWING, R. Commuter Rail Transit and Economic Development. In: 94<sup>th</sup> TRB (The Transportations Research Board) Annual Meeting, Washington, 2015.
- OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. **IBEU:  ndice de Bem-Estar Urbano**. IPPUR/UFRJ Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013. p. 265.

- PÁEZ, D.; BOCAREJO, J. P.; GUZMÁN, L. A.; PORTILLA, I. J.; GUEVARA, D. M.; CAVIEDES, A.; To Densify or not to Densify? Mobility and Urban Life Quality In a Developing City. In: XVIII PANAM (Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito, Transporte y Logística), Santander, 2014.
- PAPA, E.; PAGLIARA, F.; BERTOLINI, L.; Rail system development and urban transformations: Towards a spatial decision support system. **Railway Development**. pp. 337-357, 2008.
- PICORNELL, M.; BRIEN, O.; LUCIO, A.; HERRANZ, R. Towards a Comprehensive Framework for Urban Mobility Planning. In: XVIII PANAM (Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito, Transporte y Logística), Santander, 2014.
- PORTUGAL, L.; FLÓREZ, J.; SILVA, A. Rede de pesquisa em transportes: um instrumento de transformação e melhora de vida. **TRANSPORTES**. v. 13 n. 1, pp. 6-16, Mar. 2010.
- PROFFITT, D.; BARTHOLOMEW, K.; EWING, R.; MILLER, H. Accessibility Planning in American Metropolitan Areas: Are We There Yet?. In: Transportations Research Board, Washington, 2015.
- QAMHIEH D. **Intermodal Terminals: Node-Place Issue and Travelers' Flow**. Royal Institute of Technology, 2012. 57p.
- REUSSER, E.; LOUKOPOULOS P.; STAYFFACHE, M.; SCHOLZ, R.; Classifying Railway Stations for Sustainable Transitions – Balancing Node and Places Functions. **Journal of Transport Geography**, v. 16, pp. 191-202, 2008.
- RANDOLPH, R.. Determinações Estratégicas e Potencialidades de Transformação do Programa Favela-Bairro. **GEOgraphia**, v. 3, Set. 2009.
- REVISTA FERROVIÁRIA, **Como os americanos**, 2010. Disponível em: <<http://www.revistaferroviaria.com.br>> . Acesso em: Nov. 2013.
- ROCHA, L. P.; PESSOA, M.; MACHADO, D. C. Discriminação Espacial no Mercado de Trabalho: O Caso das Favelas do Rio de Janeiro. **CEDE**. v. 61, 2011

- ROSA, S. J. **Transporte e exclusão social: a mobilidade da população de baixa renda da Região Metropolitana de São Paulo e trem metropolitano.** Dissertação de mestrado, POLI/USP. São Paulo, SP, Brasil, 2006.
- SALAS, R. Comparison of Station Access Quality Ratings and Travel Behavior: An Examination of Commuter Rail Access Station Mode Access. 96<sup>nd</sup> TRB (The Transportations Research Board) Annual Meeting. Washington, 2015
- SANT'ANNA R. M. **Mobilidade e segurança no trânsito da população idosa: um estudo descritivo sobre a percepção de pedestres idosos e de especialistas em engenharia de tráfego.** Tese de doutorado. PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006.
- SANTOS, G.; BEHRENDT, H.; TEYTELBOYM, A. Part II: Policy instruments for sustainable road transport. **Research in Transportation Economics.** v.28 pp. 46-91, 2010.
- SANTOS, R.; AMICCI, A.; MALBURG, C.; SOUZA, F.; MESENTIER, A.; SILVA, J.; JUNIOR, G.; AZEVEDO, C. **Mobilidade Urbana: Demanda por investimentos em mobilidade urbana no Brasil.** BNDES -Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - Setorial 41, 2015, pp. 79-134.
- SCOVINO, A. S. . **As Viagens a Pé na Cidade do Rio de Janeiro: Um Estudo da Mobilidade e Exclusão Social.** Dissertação de mestrado, PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.
- SHCWENK, L. M.; CRUZ, C. B. **Processos espaciais: descentralização da área central e da cidade e a segregação da favela e da cidade.** Human and Social sciences. v. 27, n. 2, 2005.
- SETRANS-RJ- Secretaria de Transporte do Estado do Rio de Janeiro. **Plano Diretor de Transporte Urbano - PDTU.** Relatório 4. Rio de Janeiro, 2013.
- SEMOB - Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. **PlanMob: Construindo a cidade sustentável.** Brasília, 2007.

- SILVA, M. N. **A Favela como expressão de conflitos no espaço urbano do Rio de Janeiro: o exemplo da Zona Sul carioca.** Dissertação Mestrado, Centro de Ciências Sociais/PUC, Rio de Janeiro, RJ, Brasil 2010.
- SILVA, M. **Procedimento para Classificar Estações Ferroviárias como Polos Promotores de Desenvolvimento Integrado.** Dissertação de mestrado, PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2013.
- SILVA, L. C.; SANTOS, R. A.; DELGADO, I. M.; CUHA, H. C. S. **Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, escala 1:250.000.** Serviço Geológico do Brasil, CPRM, Rio de Janeiro, 2000.
- SINGH, Y.; LUKMAN A.; HE P.; FLACKE, J.; ZUIDGEEST M.; MAARSEVEEN M. **Planning for Transit Oriented Development (TOD) using a TOD index.** Washington, 2015, p. 20.
- SOHN, K.; SHIM, H. Cities. **Factors generating boardings at Metro stations in the Seoul metropolitan area.** 2010, 11p.
- SUPERVIA, **Estações e Integrações,** 2014. Disponível em: <<http://www.supervia.com.br>> Acesso em: Abr. 2014
- \_\_\_\_\_. **Teleférico.** 2015a. Disponível em: <<http://www.supervia.com.br>> Acesso em: Fev. 2015
- \_\_\_\_\_. **Estações e Integrações.** 2015b. Disponível em: <<http://www.supervia.com.br>> Acesso em: Mai. 2015
- SUZUKI, H.; CERVERO, R. ; LUCHI, K. **Transformación de Las Ciudades Mediante el Transporte Público:** Integración entre el transporte público y el uso de la tierra em pos de um desarrollo urbano sostenible. (Banco Mundial) Bogotá: Kimpres Ltda. 2013. 229p.
- TRINDADE, C. P. O programa de aceleração do crescimento. In: ANPUH – XXV Simpósio Nacional de História, Fortaleza, 2009. p. 10.
- UN-HABITAT - United Nations Human Settlements Programme. Planning and Design for Sustainable Urban Mobility. **Global Report on Human Settlements** , 2013. 348 p.

- UPPRJ - Unidades de Polícias Pacificadoras. **Histórico**. 2015. Disponível em: <<http://www.upprj.com>> . Acesso em: Mar. 2015
- UNCRD - United Nations Centre for Regional Development - Implementing Transport Policies and Programmers toward Realizing “Bali Vision Three Zeros - Zero Congestion, Zero Pollution, and Zero Accidents towards Next Generation Transport Systems in Asia”. In: 8º Regional Environmentally Sustainable Transport (Est) Forum In Asia, COLOMBO, 2014.
- WACHS, M.; TAYLOR, B.D. Can transportation strategies help meet the welfare challenge? **Journal of the American Planning Association** v. 64, pp. 15–19, 1998
- WALTERS, G.; CERVERO, R.; Forecasting Transit Demand in a Fast Growing Corridor: The Direct-Ridership Model Approach. Technical Memorandum prepared for the Bay Area Rapid Transit District. **Lafayette: Fehr and Peers**, 2003.
- WELCH, T.F. Equity in transport: The distribution of transit access and connectivity among affordable housing units. **Transport Policy**, v. 30, pp.283–293, 2013.
- WELCH, T.F. ; MISHRA , S. A measure of equity for public transit connectivity. **Journal of Transport Geography**, v. 33, pp. 29–41, 2013.
- ZAJARKIEWICCH, D. F. B. **Poluição Sonora Urbana: principais fontes. Aspectos jurídicos e técnicos**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Direito/PUC, São Paulo, SP, Brasil 2010.
- ZHANG, D.; WANG, X.. Effects of Jobs-Residence Balance on Commuting Patterns: Differences in Employment Sectors and Urban Forms. In: 94<sup>th</sup> TRB (The Transportations Research Board) Annual Meeting, Washington, 2015.

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1 - Renda média e IDH por bairro da área de influência

<b>Estação</b>	<b>Renda média domiciliar nos bairros</b>	<b>% da população com &lt; 1 S.M.</b>	<b>IDH dos bairros</b>
Central (Centro)	2.820	14	0,89
Praça da Bandeira	4.572	11	0,86
São Cristovão	2.850	15	0,83
Maracanã	6.258	6	0,94
Mangueira	1.436	27	0,80
São Francisco Xavier	3.013	17	0,80
Riachuelo	3.456	12	0,95
Sampaio	2.241	19	0,84
Engenho Novo	2.860	17	0,86
Méier	4.875	8	0,93
Engenho de Dentro	2.892	15	0,86
Piedade	2.547	17	0,85
Quintino	2.459	17	0,85
Cascadura	2.347	19	0,83
Madureira	2.391	17	0,83
Oswaldo Cruz	2.331	16	0,85
Bento Ribeiro	2.546	16	0,85
Marechal Hermes	2.213	18	0,81
Deodoro	1.786	23	0,86
Vila Militar	2.806	14	0,86
Magalhães Bastos	1.942	21	0,80
Realengo	1.932	21	0,80
Padre Miguel	1.925	19	0,80
Guilherme da Silveira (Bangu)	1.840	21	0,79
Bangu	1.840	21	0,79
Senador Camará	1.527	23	0,77
Santíssimo	1.681	21	0,78
Augusto Vasconcelos	1.894	20	0,80
Campo Grande	2.311	18	0,81
Benjamin do Monte (Campo Grande)	2.311	18	0,81
Inhoaíba	1.427	23	0,75
Cosmos	1.435	23	0,76
Paciência	1.414	23	0,75
Tancredo Neves (Santa Cruz)	1.472	23	0,74
Santa Cruz	1.472	23	0,74

Fonte: IBGE, 2010

**APÊNDICE 2:** Densidade Populacional e de emprego

<b>Estação</b>	<b>Densidade Populacional</b>	<b>Densidade de Emprego</b>
Central	71,89	1.095,45
Praça da Bandeira	120,32	179,90
São Cristovão	64,57	171,46
Maracanã	151,48	142,19
Mangueira	223,47	7,34
São Francisco Xavier	128,57	34,63
Riachuelo	136,33	34,02
Sampaio	123,20	15,39
Engenho Novo	159,45	36,99
Méier	201,66	68,62
Engenho de Dentro	116,16	22,38
Piedade	111,59	15,79
Quintino	72,12	5,59
Cascadura	121,37	26,15
Madureira	132,29	60,46
Oswaldo Cruz	164,36	15,17
Bento Ribeiro	143,88	10,65
Marechal Hermes	123,67	14,36
Deodoro	23,36	1,71
Vila Militar	12,26	1,03
Magalhães Bastos	123,64	3,01
Realengo	69,13	5,98
Padre Miguel	132,00	7,39
Guilherme da Silveira*	53,19	2,79
Bangu*	53,19	11,17
Senador Camará	61,22	1,46
Santíssimo	49,83	4,20
Augusto Vasconcelos	47,50	2,76
Campo Grande*	27,57	18,52
Benjamin do Monte*	27,57	4,63
Inhoaíba	78,00	5,72
Cosmos	68,38	2,07
Paciência	34,51	1,32
Tancredo Neves*	17,38	0,95
Santa Cruz*	17,38	3,82

Adaptado de IPP, 2010 e IBGE,2010

\* Estações locadas em bairros com mais de uma estação. Para o tratamento dos dados ver capítulo 7.1

**APÊNDICE 3** - Nó oferta de trens e tempo de viagem normatizados sem a estação central.

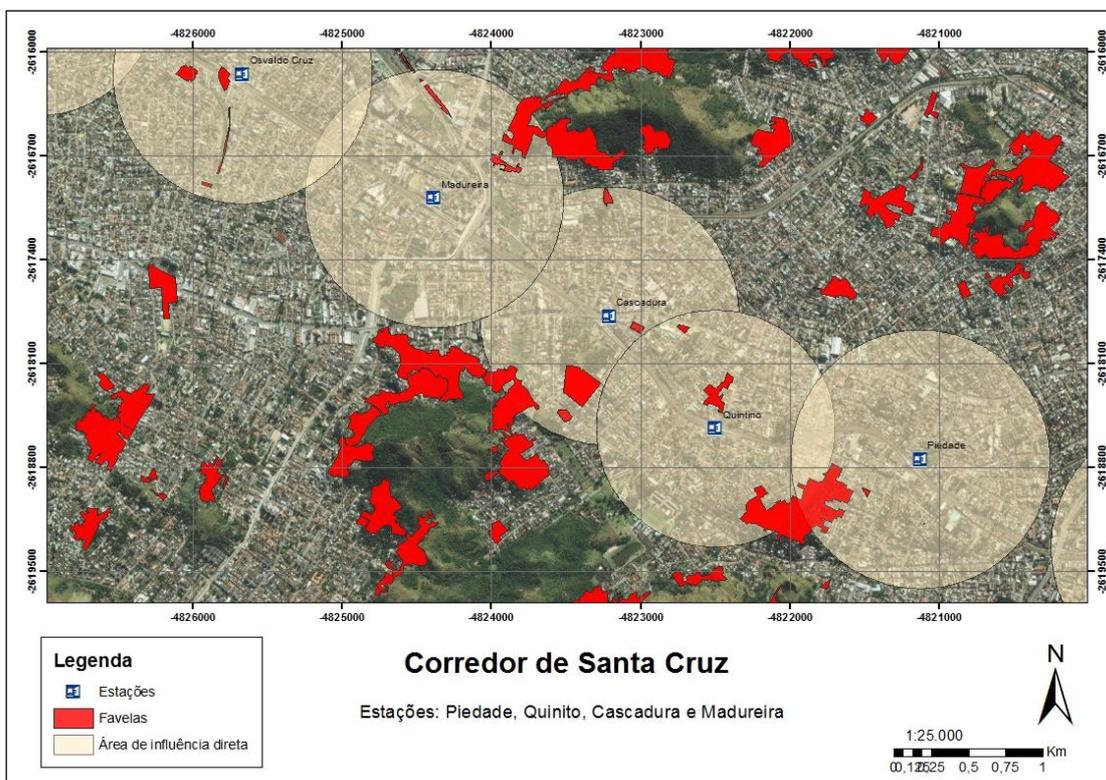
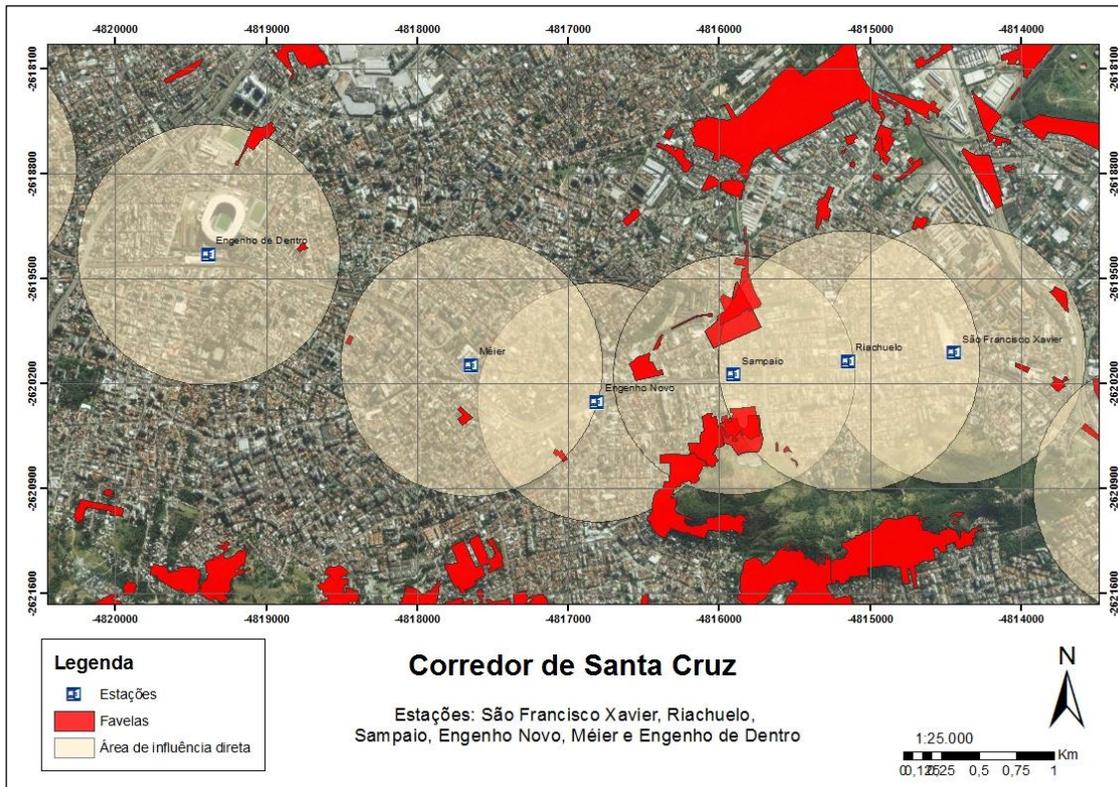
	<b>Oferta de Trens</b>	<b>Tempo de Viagem</b>
<b>Praça da Bandeira</b>	0,30	0,909
<b>São Cristovão</b>	1	1
<b>Maracanã</b>	0,30	0,983
<b>Mangueira</b>	0,30	0,950
<b>São Franciso Xavier</b>	0,49	0,951
<b>Riachuelo</b>	0,30	0,950
<b>Sampaio</b>	0,30	0,947
<b>Engenho Novo</b>	0,30	0,942
<b>Méier</b>	0,30	0,936
<b>Engenho de Dentro</b>	0,69	0,993
<b>Piedade</b>	0,30	0,917
<b>Quintino</b>	0,30	0,906
<b>Cascadura</b>	0,69	0,982
<b>Madureira</b>	0,69	0,966
<b>Oswaldo Cruz</b>	0,30	0,863
<b>Pref. Bento Ribeiro</b>	0,30	0,847
<b>Marechal Hermes</b>	0,30	0,830
<b>Deodoro</b>	0,69	0,898
<b>Vila Militar</b>	0,36	0,867
<b>Magalhães Bastos</b>	0,36	0,843
<b>Realengo</b>	0,36	0,819
<b>Padre Miguel</b>	0,36	0,796
<b>Guilherme da Silveira</b>	0,36	0,770
<b>Bangu</b>	0,36	0,747
<b>Senador Camará</b>	0,21	0,724
<b>Santissimo</b>	0,21	0,702
<b>Augusto Vasconselos</b>	0,21	0,680
<b>Campo Grande</b>	0,21	0,658
<b>Benjamin do Monte</b>	0,19	0,635
<b>Inhoaíba</b>	0,19	0,615
<b>Cosmos</b>	0,19	0,595
<b>Paciencia</b>	0,19	0,576
<b>Tancredo Neves</b>	0,19	0,557
<b>Santa Cruz</b>	0,19	0,539

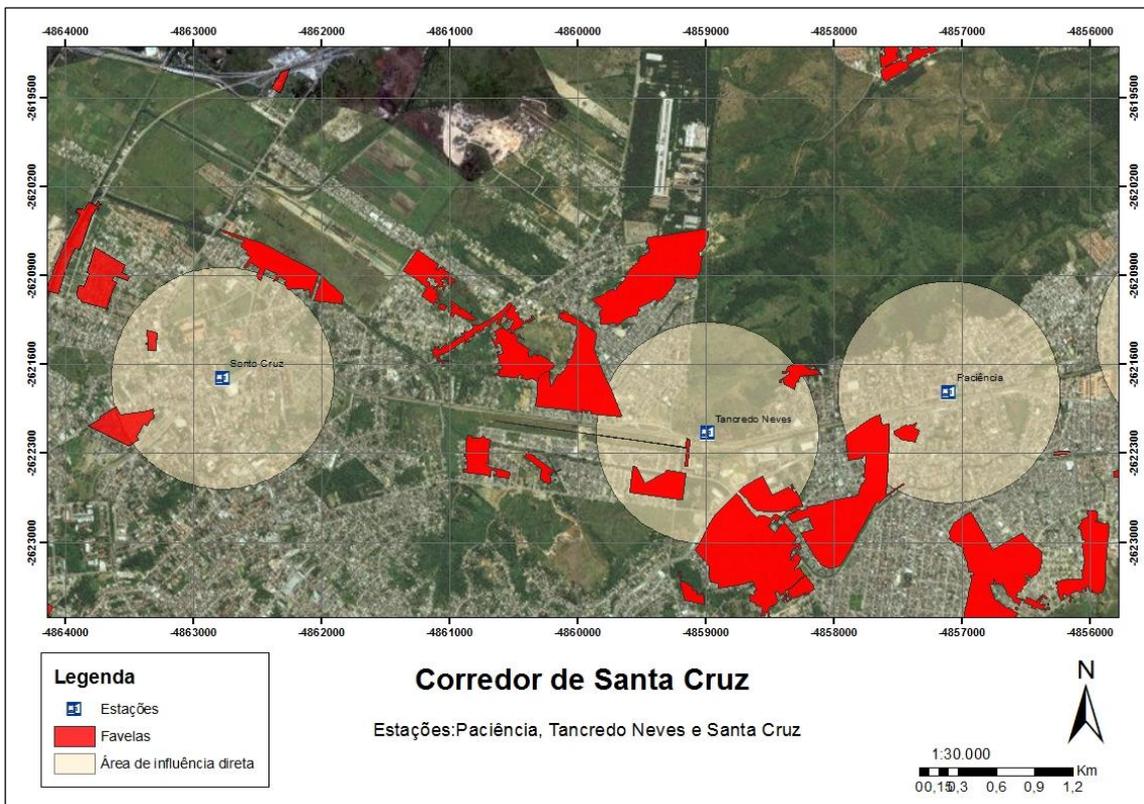
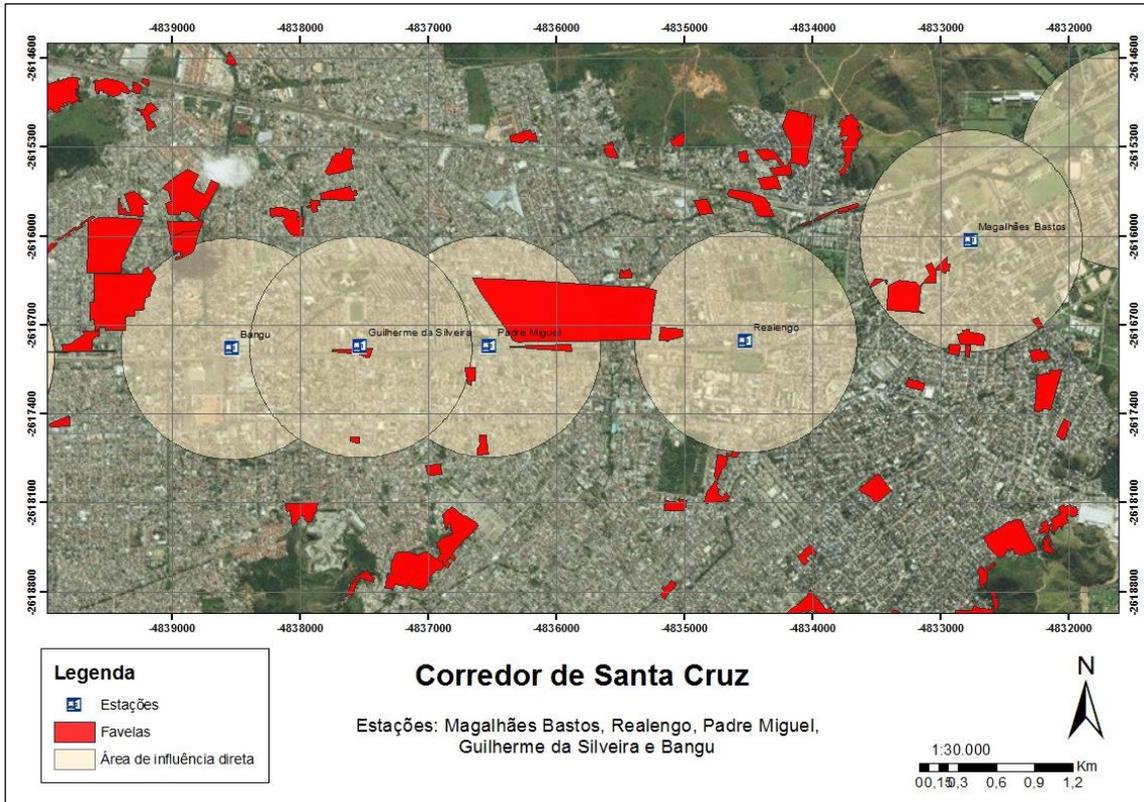
**APÊNDICE 4 : Total de Viagens no corredor Santa Cruz das 05h às 19h**

<b>Estação</b>	<b>Embarque (05h às 19h)</b>	<b>Desembarque (05h às 19h)</b>	<b>Total de Viagens (05h às 19h)</b>
Central	118164	149392	267556
Praça da Bandeira	4653	4569	9222
São Cristovão	19507	46840	66347
Maracanã	843	989	1832
Mangureira	3316	3629	6945
São Francisco Xavier	3883	3853	7736
Riachuelo	3403	3922	7325
Sampaio	1335	1544	2879
Engenho Novo	3687	2716	6403
Méier	10021	10566	20587
Engenho de Dentro	11870	13380	25250
Piedade	3565	4148	7713
Quintino	2215	1956	4171
Cascadura	8896	12389	21285
Madureira	22498	37962	60460
Oswaldo Cruz	2867	2119	4986
Pref. Bento Ribeiro	3510	2919	6429
Marechal Hermes	4605	3956	8561
Deodoro	6315	3276	9591
Vila Militar	542	536	1078
Magalhães Bastos	2357	2239	4596
Realengo	5361	4431	9792
Padre Miguel	3879	4371	8250
Guilherme da Silveira	3076	1956	5032
Bangu	11622	11332	22954
Senador Camará	3851	3078	6929
Santíssimo	2554	1861	4415
Augusto Vasconcelos	2242	1838	4080
Campo Grande	15813	17038	32851
Benjamin do Monte	1922	1320	3242
Inhoaíba	3339	2648	5987
Cosmos	3224	2978	6202
Paciência	4293	3970	8263
Tancredo Neves	1325	2456	3781
Santa Cruz	6.806	7833	14.639

Adaptado de PDTU, 2013

## APÊNDICE 5 - Mapas da área favelada no entorno de estações do corredor de Santa Cruz.





**APÊNDICE 6 - Correlação das variáveis explicativas entre si**

	Densidade Populacional	Densidade de Emprego	Diversidade do uso do solo	Área total das favelas	Presença de favela não pacificada	Renda média domiciliar	% da população com renda < 1 S.M.	IDH	Integração	conectividade	Oferta de trens	Tempo de viagem
Densidade Populacional	1											
Densidade de Emprego	0,005	1										
Diversidade do uso do solo	-0,016	-0,235	1									
Área total das favelas	-0,093	-0,079	0,545	1								
Presença de favela não pacificada	-0,308	-0,323	0,402	0,368	1							
Renda média domiciliar	0,448	0,245	-0,469	-0,457	-0,577	1						
% da população com renda < 1 S.M.	-0,370	-0,317	0,524	0,549	0,527	-0,935	1					
IDH	0,499	0,336	-0,408	-0,449	-0,534	0,814	-0,852	1				
Integração	-0,231	0,471	-0,352	-0,244	-0,167	-0,025	-0,070	0,022	1			
conectividade	-0,172	0,573	-0,167	-0,152	-0,179	-0,040	-0,041	0,110	0,558	1		
Oferta de trens	-0,125	0,559	-0,245	-0,180	-0,165	0,100	-0,155	0,228	0,495	0,799	1	
Tempo de viagem	-0,125	0,559	-0,245	-0,180	-0,165	0,100	-0,155	0,228	0,495	0,799	-0,125	1

