UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Dissertação

Mover sem remover:

uma abordagem crítica do *Transit-Oriented Development* (TOD) e sua aplicação no planejamento urbano atual

Marco Leoni Deboer Salvi

Pelotas, 2019

Marco Leoni Deboer Salvi

Mover sem remover:

uma abordagem crítica sobre o *Transit-Oriented Development* (TOD) e sua aplicação no planejamento urbano atual

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Couto Polidori

Coorientador: Prof. Dr. Heitor Vieira

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S184m Salvi, Marco Leoni Deboer

Mover sem remover : uma abordagem crítica sobre o transit-oriented development (tod) e sua aplicação no planejamento urbano atual / Marco Leoni Deboer Salvi ; Maurício Couto Polidori, orientador ; Heitor Vieira, coorientador. — Pelotas, 2019.

130 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Desenvolvimento orientado ao transporte público de passageiros. 2. Urbanismo contemporâneo. 3. Planejamento urbano. 4. Mobilidade urbana. I. Polidori, Maurício Couto, orient. II. Vieira, Heitor, coorient. III. Título.

CDD : 711.4

Elaborada por Leda Cristina Peres Lopes CRB: 10/2064

Marco Leoni Deboer Salvi

Mover sem remover:

uma abordagem crítica sobre o *Transit-Oriented Development* (TOD) e sua aplicação no planejamento urbano atual

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas.

Banca examinadora: 13/12/2019

.....
Prof. Dr. Maurício Couto Polidori (Orientador)
Doutor em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....
Profª. Drª. Adriana Araujo Portella
Doutora em Joint Centre for Urban Design pela Oxford Brookes University

.....
Prof. Dr. Ricardo Luis Sampaio Pintado
Doutor em Memória Social e Patrimônio Cultural pela Universidade Federal de Pelotas

.....
Profª. Drª. Ana Maria Volkmer de Azambuja
Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina

.....
Prof. Dr. Heitor Vieira (Coorientador)
Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico esta pesquisa a amizade, da família onde cresci e daquela que construí, as quais me deram força e me apoiaram em todos os momentos.

Agradecimentos

Ao sistema federal de ensino público, tão desvalorizado na atualidade, instrumento de direito universal pelo qual obtive minha graduação e hoje sigo aprofundando o desejo por conhecimento, com a pós-graduação.

Ao amigo e orientador Maurício, o qual aceitou apoiar esta pesquisa, com as complexidades teóricas e práticas surgidas ao longo do processo.

Ao grande amigo Heitor, nessa caminhada um apoiador solicito e um coorientador muito paciente.

Aos debates possibilitados pela conversa com as amigas Camila, Cláudia, Johanna e Samara, com a honra da contemporaneidade acadêmica.

A luz e orientação da grande amiga Hélida, e a amabilidade do Jorge.

À minha mãe.

Ao meu pai.

À minha irmã.

Ao tripé que me sustenta.

À Eduarda, ao Guilherme, à Narumi.

O sentimento que me permeia no processo da vida, a lógica que me ajuda a enxergar a realidade, e a força que me dá coragem de seguir em frente.

À Brenda, ao Cleiton, ao João, ao Jonathan, à Michelle.

“The choice is clear and urgent.
Does the city exist for people or for autocars?”
(MUMFORD, 1963).

Resumo

SALVI, M. L. D. **Mover sem remover**: uma abordagem crítica sobre o *Transit-Oriented Development* (TOD) e sua aplicação no planejamento urbano atual. Orientador: Maurício Couto Polidori. 2019. 130 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

A investigação inicia com o levantamento de uma base para a discussão sobre o conceito de planejamento urbano denominado Transit-Oriented Development (TOD) ou Desenvolvimento Orientado ao Transporte Público de Passageiros, e sua aplicação na mobilidade urbana contemporânea. São estruturados dois capítulos para a composição do referencial teórico da pesquisa, e posterior abordagem e discussão do TOD. O capítulo inicial promove uma compreensão mais qualitativa do desenvolvimento de um planejamento integrado entre transporte e urbanização, mediante um viés histórico sobre o papel da mobilidade urbana na produção da cidade. O capítulo seguinte trabalha o planejamento em transportes por uma perspectiva quantitativa, onde, o levantamento de parâmetros de eficiência em mobilidade urbana orienta a discussão sobre óticas de espaço e tempo. Ao completar o embasamento da investigação, um capítulo passa a estruturar a abordagem necessária para uma análise crítica do conceito/método TOD, permitindo, a partir desta, o desenvolvimento da discussão sobre o TOD, como proposto inicialmente. A pesquisa é construída na abertura de uma nova perspectiva para questionamentos futuros, discussões, e até mesmo novas inserções, sobre um conceito trabalhado a partir da década de 1990 e, recentemente, abordado na academia brasileira. Uma vez que, a discussão não cessa com a presente investigação, pois se trata de um processo e não de um produto.

Palavras-chave: desenvolvimento orientado ao transporte público de passageiros, urbanismo contemporâneo, planejamento urbano, mobilidade urbana.

Abstract

SALVI, M. L. D. **Move without removing**: a critical approach about Transit-Oriented Development (TOD) and its application in current urban planning. Advisor: Maurício Couto Polidori. 2019. 130 f. Dissertation (Master Degree in Architecture and Urbanism) – Postgraduate Program in Architecture and Urbanism, Faculty of Architecture and Urbanism, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2019.

The research begins by raising a basis for a discussion of the concept of urban planning called Transit-Oriented Development (TOD) and its application to contemporary urban mobility. Two chapters are structured for the composition of the theoretical framework of the research, and subsequent approach and discussion of the TOD. The initial chapter promotes a more qualitative understanding of the development of integrated planning between transport and urbanization, through a historical bias on the role of urban mobility in city production. The next chapter deals with transport planning from a quantitative perspective, where the survey of efficiency parameters in urban mobility guides the discussion about space and time optics. By completing the foundation of the research, a chapter begins to structure the approach necessary for a critical analysis of the TOD concept / method, allowing, from this, the development of the discussion about the TOD, as initially proposed. The research is built in the opening of a new perspective for future questions, discussions, and even new insertions, about a concept worked from the 1990s and recently approached in the Brazilian academy. Since the discussion does not cease with the present investigation because it is a process and not a product.

Key-words: transit-oriented development, contemporary urbanism, urban planning, urban mobility.

Lista de Figuras

Figura 1 – Mapa de núcleos urbanos na costa leste dos EUA, evidenciadas áreas de influência com raio = 8 km. 28
Figura 2 – Fotografia de parte da pintura do mural 'El mercado de Tlatelolco'. 29
Figura 3 – (a) Representação de um 'omnibus' e, (b) um bonde de tração animal sobre trilhos....30
Figura 4 – (a) Sistemas ferroviários para transporte coletivo urbano nas cidades de Rio Grande e, (b) Pelotas....31
Figura 5 – (a) Compartilhamento de via por bonde e automóvel, (b) uso de propaganda direcionada para atrair usuários ao ônibus. 33
Figura 6 – (a) Desmonte do sistema ferroviários e a (b) queima dos bondes. 34
Figura 7 – Retirada dos trilhos de bonde da Terceira Avenida (1943), em Seattle – EUA....35
Figura 8 – (a) Zoneamento monotípico com distinção de áreas residenciais e de lazer, (b) grandes áreas dedicadas a estacionamento.....37
Figura 9 – (a) Expansão urbana para os subúrbios de menor densidade e, (b) os inúmeros congestionamentos resultado da locomoção diária.....38
Figura 10 – Perspectiva de conectividade entre vizinhanças dos sistemas TOD, e distribuição interna por microrredes de mobilidade suave. 44
Figura 11 – Simulação de adensamento no entorno de uma linha LRT....45
Figura 12 – Área de entorno da estação de transporte em sistemas TOD. 47
Figura 13 – Mapa das áreas de entorno de estação ferroviária e áreas de controle.52
Figura 14 – Pontos chave para compreender a gentrificação 55
Figura 15 – Bairros gentrificados na cidade de Nova Iorque (2000-2010) 56
Figura 16 – Grafite-convite sobre gentrificação no Bairro Ciudad Vieja, em Montevidéu....57
Figura 17 – Análise tridimensional de acidentalidade. 60
Figura 18 – Modelo de malhas de proteção ao usuário vulnerável. 62
Figura 19 – Relação entre zoneamento em escala rodoviarista e em escala humana. 63
Figura 20 – (a) Perspectiva de escala humana e, (b) escala não humana. 64

Figura 21 – Quadro relacionando a flexibilidade de viagens para modos de transporte terrestre e sua capacidade veicular. 66
Figura 22 – Quadro quantitativo de passageiros transportados por hora, em diferentes modos, para uma via urbana unidirecional de 3,5m de largura. 67
Figura 23 – Nível de serviço (LOS) para velocidade de fluxo livre em áreas urbanas, evidenciada a capacidade para velocidade estudada. 69
Figura 24 – (a) Estação LRT com plataforma baixa e, (b) VLT com piso baixo. 71
Figura 25 – Eixo especial para VLT de assoalho rebaixado. 71
Figura 26 – (a) Estação LRT com plataforma alta e, (b) VLT com piso alto. 72
Figura 27 – (a) Alimentação veicular por catenária-pantógrafo, (b) por terceiro trilho eletrificado. 72
Figura 28 – Configuração das composições diesel-elétricas da empresa Bom Sinal73
Figura 29 – (a) Sistema Aeromóvel em via elevada, (b) seção da viga com detalhe para a vela de propulsão. 74
Figura 30 – Quadro explicativo do espectro de qualidade dos transportes públicos sobre pneus. 75
Figura 31 – Sistemas de BRT, (a) RIT de Curitiba com veículo de 260 passageiros e, (b) TransMilenio de Bogotá. 75
Figura 32 – Esquema representativo de serviços diretos. 77
Figura 33 – Esquema representativo de serviços tronco-alimentados. 78
Figura 34 – Abrangência da linha. 80
Figura 35 – Abrangência em linhas paralelas. 80
Figura 36 – Quadro de consumo de energia por passageiro/km. 81
Figura 37 – Perspectiva de um (a) gráfico real de locomoção e, um (b) gráfico de trecho típico entre estações. 82
Figura 38 – Diagrama de ciclos com discriminação de etapas do ciclo. 84
Figura 39 – Diagrama de Ciclos considerando período típico e intervalos. 86
Figura 40 – Custo médio de implantação com instalações mínimas por modo de transporte, em milhões de dólares por milha. 89
Figura 41 – Custo médio de implantação com instalações substanciais por modo de transporte, em milhões de dólares por milha. 89
Figura 42 – Espaçamento caminhável entre estações, com distâncias relativas R1 e R2. 107

Figura 43 – Análise de trecho típico entre estações para velocidade de cruzeiro 60km/h e aceleração/desaceleração 1,11m/s2, distanciamento (a) 250m e (b) 500m. 108
Figura 44 – Análise de trecho típico entre estações para velocidade de cruzeiro 60km/h e distanciamento 800m, aceleração/desaceleração (a) 1,11m/s2 e (b) 1,59m/s2. 110
Figura 45 – Projeto de corredor de transportes de média capacidade para a cidade de Rio Grande. 116
Figura 46 – Determinação de frota em operação para velocidade de cruzeiro 60km/h, (a) Aeromóvel e (b) VLT (DMU). 118

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Trechos selecionados para o Programa de Resgate dos Transporte Ferroviários de Passageiros (PRTFP) 43
Tabela 2 – Classificação do conforto do usuário em relação a densidade de ocupação para veículos de transporte coletivo 68
Tabela 3 – Taxas de aceleração mínimas para aproveitamento de 50% em velocidade de cruzeiro 60km/h, para um trecho de 800m.....109
Tabela 4 – Variação de acelerações mínimas para 50% de aproveitamento em velocidade 60km/h, por trecho estimado entre estações. 110
Tabela 5 – Estimativa de passageiros transportados por hora e por sentido para headway simulado de 60 e 90s, em densidade de 6 pass./m2. 115
Tabela 6 – Simulação sobre o atendimento de proposta de linha. 117

Lista de Abreviaturas e Siglas

BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRT	Bus Rapid Transit
DMU	Diesel Multiple Units
FTA	Federal Transit Administration
EVTESA	Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica, Financeira, Social e Ambiental
GM	General Motors
IPK	Índice de Passageiros por Quilômetro
LRT	Light Rail Transit
LRV	Light Rail Vehicle
PRTFP	Programa de Resgate dos Transportes Ferroviários de Passageiros
TAD	Transit-Adjacent Development
TOD	Transit-Oriented Development
TPU	Transporte Público Urbano
VLP	Veículo Leve sobre Pneus
VLT	Veículo Leve sobre Trilhos

Sumário

CAPÍTULO 1. Introdução 15
1.1 Contextualização 16
1.2 Justificativa 21
1.3 Objetivos 22
1.3.1 Objetivo geral 22
1.3.2 Objetivos específicos 22
1.4 Metodologia de pesquisa 23
1.5 Estrutura da investigação 25
CAPÍTULO 2. O desenvolvimento urbano 26
2.1 Uma perspectiva histórica do transporte no desenvolvimento urbano 27
2.1.1 A mobilidade urbana coletiva 29
2.1.2 Uma oportunidade para poucos 32
2.1.3 O arrasamento da cidade de escala humana 33
2.1.4 A suburbanização 36
2.1.5 A reimplantação do transporte público ferroviário 40
2.1.6 O transporte público ferroviário na perspectiva brasileira 42
2.2 Planejando um processo orgânico –Transit-Oriented Development (TOD) 44
2.2.1 Parâmetros do TOD 46
2.2.2 Um motor de investimentos – O TOD nos Estados Unidos da América 50
2.2.3 O controle do sistema TOD – Uma revisão sobre Los Angeles (EUA) 51
2.3 Que a gentrificação não ‘nos’ pegue desprevenidos 54
CAPÍTULO 3. O planejamento do transporte público urbano 58
3.1 A cidade e o paradigma da escala humana 59
3.1.1 O uso do solo e o zoneamento misto 62
3.2 Pensando o modo de transporte 65
3.2.1 Classificação dos serviços de transporte 65
3.2.2 A mobilidade insustentável 68
3.2.3 O metrô leve – Light Rail Transit (LRT) 70
3.2.4 A mobilidade ‘à brasileira’ – Bus Rapid Transit (BRT) 74
3.3 A garantia de eficiência 76
3.3.1 Estruturação do transporte coletivo 76

3.3.2 A importância da variável ‘tempo’ 78
3.3.3 A abrangência de um eixo de transporte 79
3.3.4 O gasto energético 81
3.3.5 A relação de tempo e eficiência 83
3.3.6 Relações de custo de implantação 88
3.3.7 O custo de operação 91
CAPÍTULO 4. Mover sem remover 92
4.1 O componente histórico 93
4.1.1 Repensando o subúrbio 96
4.1.2 A aplicabilidade do Transit-Oriented Development (TOD) 97
4.2 Estruturação de parâmetros 98
4.2.1 O planejamento de um transporte público eficiente 99
4.2.2 Projetando com o TOD em mente 100
4.2.3 O planejamento urbano participativo 102
4.2.4 O controle de impactos na implantação de um sistema de transporte 102
4.2.5 O entorno da estação e o controle do TOD 105
4.3 Sobre a prática no planejamento de transporte público 106
4.3.1 A definição de um eixo de mobilidade 106
4.3.2 A sustentabilidade dos custos na mobilidade coletiva 111
4.3.3 A compreensão do status quo 112
4.3.4 Buscando a melhor opção de mobilidade 113
4.3.5 Simulação de atendimento e frota em operação 116
CAPÍTULO 5. Considerações finais 119
5.1 Sobre a construção da mobilidade urbana contemporânea 120
5.2 O desenvolvimento e as limitações da investigação 123
5.3 Perspectivas de continuidade da pesquisa 124
Referências 125

CAPÍTULO 1. Introdução

1.1 Contextualização

As escolhas relativas à priorização de modos de transporte, em cada sociedade, tendem a definir como uma população se locomove e podem dizer como o seu desenvolvimento urbano acontece.

A partir do período inicial do século XX, um sistema de transporte centrado no automóvel começou a exercer relevância na relação entre as pessoas e a cidade. Essa troca remodelou a compreensão da mobilidade, a capacidade de locomoção humana, antes coletiva e baseada na escala do pedestre, para um paradigma idealizado de liberdade individual, o qual foi atrelado aos conceitos de velocidade e potência, vendidos pelo sistema de consumo[1] (TAKEN, 1996; HARVEY, 2009).

A falta de planejamento adequado a um desenvolvimento que respeite a diversidade urbana pode acirrar os problemas encontrados nas cidades atuais, particularmente, em função das tentativas individuais de busca por mobilidade. Os problemas causados por essa forma de planejar tendem a implicar em dificuldades de locomoção para a maioria da população, o que é, frequentemente, confundido como um excesso de automóveis.

Algumas cidades, prioritariamente do norte europeu, apresentam um alto índice de automóveis por habitante, porém, isso ocorre sem apresentar os mesmos problemas enfrentados em cidades médias de países emergentes (TAKEN, 1996). Os congestionamentos são observados como sintomas do paradigma urbanístico onde o automóvel é priorizado, entretanto, não é a frota a sua causadora, como exemplificado acima, mas sim o seu uso.

[1] Sistema de consumo: (*s*.) Consumismo, sistema econômico de promoção de obsolescência (tornar conscientemente um bem ou serviço inútil, ultrapassado), visa sua manutenção a partir da propensão de adquirir bens ou serviços, geralmente supérfluos, de forma exagerada.

Ao incentivar o transporte individual para viagens rotineiras, a mobilidade urbana, enquanto disponibilidade de locomoção dentro da cidade, se torna deficitária e insustentável. O fator de sustentabilidade nesse caso, está ligado tanto a gestão do espaço urbano, quanto a questão ambiental. Uma mobilidade exercida por automóveis gerará maior gasto de combustíveis fosseis, o que é importante e deve ser combatido. Considerando, porém, que não cabe apenas promover a modificação desse modo individual para novos veículos menos poluentes, mas sim discutir o uso do modo dentro da gestão da mobilidade urbana (SPECK, 2016).

Arrington (2003) e Gehl (2013) elucidam que cabe aos planejadores e tomadores de decisão o oferecimento de alternativas de transporte urbano capazes de garantir acessibilidade universal e atratividade. Assim, é incentivada a transferência de usuários de automóveis e motocicletas, para modos de transporte que propiciem melhor gestão da matriz de transporte urbano, ou seja, da participação de cada modo na locomoção dos habitantes.

A contínua revisão da cidade está ligada a construção de sociedade urbana, enquanto essa caracteriza seu *habitat*, isto é, o ambiente que oferece as condições necessárias ao seu pleno desenvolvimento.

A sociedade, segundo Harvey (2009), a partir de seu processo de modificação, já não compreende o desenvolvimento em meio a natureza, e busca uma realidade moldada e vivenciada por seus desejos, criando um novo meio antropomorfizado. Esse processo de modificação do espaço próprio, ao ser determinado por uma dinâmica urbana, define qual sociedade se quer ter ou ser, e, diretamente sua relação com a questão ambiental e participação dessa na vivência das gerações futuras.

Em um modelo de planejamento urbano focado no consumo, a urbanização possibilita um novo fôlego na necessidade constante de produtividade. Porém, cerceia o direito à cidade e a liberdade de se reconstruir enquanto sociedade, mostrando a exigência de reflexão histórica constante do impulso social envolvido, com o propósito de evitar reincidência que gere desigualdade (HARVEY, 2009; GENTRIFICATION, 2017).

A perspectiva de revitalização de zonas urbanas, degradadas e/ou esquecidas, persiste no paradigma rodoviarista[2]. No entanto, o uso eficiente de uma escala adequada ao ser humano deve permitir que esse vivencie a cidade. O que tende a

[2] Rodoviarista: (*adj*.) Referente a política de priorização do transporte por modos rodoviários como principal forma de locomoção.

ocorrer por priorização da mobilidade suave, a partir da locomoção por modos caminháveis e cicláveis (GEHL, 2013).

O sistema de consumo, infelizmente, capitalizou o uso da escala humana como uma ferramenta de lucro imobiliário, a partir da venda de habitações em condomínios com infraestrutura para caminhar e andar de bicicleta.

A criação de um espaço habitável idealizado, como um 'oásis' urbano, colabora no processo desenfreado de expansão urbana, e, conforme Gentrification (2014), recai na priorização do automóvel para qualquer movimentação externa a essa aglomeração urbana. A propaganda de um dito 'consumo verde' representa falsa sustentabilidade, considerando que a perspectiva consumista é antagônica a perspectiva sustentável.

A cidade rarefeita, geralmente com grandes áreas em zoneamento monotípico, obriga a locomoção motorizada, com o uso de um transporte individual insustentável. Todavia, aspectos como, o aproveitamento do espaço, a gestão energética, a promoção de saúde, a questão ambiental, e a igualdade social, evidenciam a contraditória relação do automóvel com a estrutura da cidade.

As cidades, prioritariamente europeias, inicialmente caracterizadas por distâncias caminháveis e voltadas aos seus pontos de centralidade, receberam grande impacto no processo de expansão urbana. Esse crescimento descontrolado, afastou as urbes de suas centralidades, geralmente compreendidas por conexões marítimas ou terrestres. A falta de um planejamento eficiente atende a uma política mercadológica, aumentando a desigualdade e conduzindo ao processo de suburbanização[3], ou afastamento dos habitantes das centralidades urbanas (WHAT, 2015; SPECK, 2016).

O aspecto suburbano continua gerando problemas na perspectiva global, onde, esse pode se apresentar por processos diferentes. Grupos socioeconômicos de maior renda, por exemplo, tendem a ser conduzidos para urbanidades concebidas como intermediarias entre urbanas e rurais (bucólicas). No caso de populações sensíveis economicamente, a suburbanização pode ocorrer por segregação em áreas periféricas. Essas, excluídas de acesso a infraestrutura da centralidade urbana, compõe a perspectiva de favelização, com comunidades sensíveis economicamente próximas da urbe, porém isoladas (TAKEN, 1996; GENTRIFICATION, 2014).

[3] Suburbanização: (*s.*) Processo de expansão da cidade em subúrbios, ou seja, áreas periféricas, normalmente menos densas, e mais dependentes do centro urbano, por menor acesso a infraestrutura.

A sociedade sulista, composta pelos países do sul global, absorveu e replicou as experiências de mobilidade individual, sem considerar o real impacto envolvido. Esta absorção chega a um ponto, que ou qual, se desvencilhar do modelo de planejamento com priorização do automóvel tende a não ocorrer facilmente. Segundo Speck (2016), a urbe típica, em um estado nacional de perspectiva rodoviarista, não deve ser considerada como a cidade grande, aquela com mais de quinhentos mil habitantes. Cidades pequenas e médias representam com maior verossimilhança a realidade urbana de países como os Estados Unidos da América (EUA) e Brasil, esse útlimo, onde 0,86% dos 5.570 municípios são grandes, ou seja, apenas 48 cidades (IBGE, 2019).

O processo suburbanizador ocorrido em países da América do Sul, como no Brasil, se dá a partir da segregação de populações sensíveis para áreas de pouca infraestrutura. Essa, ocorre conjunta e paralelamente, privilegiando a infraestrutura para o automóvel dentro da cidade, por exemplo: condomínios urbanos fechados e bucólicos; rodovias que atravessam (cortam) a mancha urbana; ou, pelo reforço do uso do automóvel como ideal de liberdade (TAKEN, 1996; GENTRIFICATION, 2017).

Percebe-se, então, que este processo está ligado à elitização do espaço urbano, ou gentrificação[4], onde populações de menor autonomia econômica são segregadas da infraestrutura da urbe.

A suburbanização, ao conduzir para áreas bucólicas e idealizadas, as populações da elite e de maior autonomia econômica dentro da classe trabalhadora, promoveu o desinvestimento em infraestrutura nas áreas próximas aos núcleos urbanos. Ou seja, áreas caracterizadas por populações sensíveis sofreram com maior segregação e estigmatização social, motor inicial do princípio gentrificador, a partir do sucateamento dos serviços e do direito a produzir e vivenciar a cidade (GENTRIFICATION, 2014; GENTRIFICATION, 2017).

O retorno ao paradigma de planejamento voltado ao pedestre vem à discussão da construção urbana, onde sua priorização pode evitar a permanência do atendimento por um transporte público rodoviarista. A priorização do modo rodoviário, recai no transporte coletivo feito por ônibus, o qual tende ao reforço de um urbanizar problemático, historicamente comprovado (TAKEN, 1996; GTZ *et al*., 2009).

---

[4] Gentrificação: (*s*.) Elitização, processo de modificação econômica e demográfica de uma determinada vizinhança, deslocando populações sensíveis para áreas segregados do centro das cidades. Do inglês ‘*gentrification*’, oriundo do termo de ‘*gentry*’ ou elite/nobreza.

Frente a esse panorama, passa a se buscar uma abordagem que repense as formas de trabalhar o planejamento, no sentido de minimizar os danos intrínsecos ao processo suburbanizador. O apelo popular, crescente e bastante significativo, pede o retorno da escala humana ao projetar de uma cidade, pois a população vivencia, diretamente, as questões dessa realidade e, assim, suas ânsias devem ser igualmente decisivas (TAKEN, 1996; SPECK, 2016).

A forte pressão exercida pelo descontentamento da população, tem sua origem na instalação de um urbanizar problemático, sentido dado pela falta de condições dignas e mínimas para uma vida saudável dentro da urbe. Como exemplificação desse apelo, em meados da década de 1970, tem-se o reinvestimento em transporte público ferroviário iniciado pelo governo dos EUA (TAKEN, 1996).

Os projetos executados começaram a apresentar tendências similares, denotando maior aceitação pública e valorização econômica, ou seja, um indício de sucesso para a perspectiva consumista do governo estadunidense[5]. O retorno do planejamento voltado à escala humana, ao observar similaridade com o processo espontâneo de organização socioeconômica dos núcleos urbanos, definiu esse como base para replicação e aperfeiçoamento. O crescimento orgânico e direcionado, segundo City (1992) e Arrington (2003), pode ser denominado 'Desenvolvimento Adjacente ao Transporte de Passageiros', ou '*Transit-Adjacent Development*' (TAD).

A parametrização[6] do conjunto de variáveis, as quais apresentassem processos TAD tidos como mais eficientes economicamente, resultou na conceituação de 'Desenvolvimento Orientado ao Transporte Público de Passageiros', ou '*Transit-Oriented Development*' (TOD), objeto de discussão do presente trabalho.

O conceito se refere a um método de planejamento urbano, o qual vise unir o uso da mobilidade urbana com maior eficiência. A partir da perspectiva consumista, o uso do conceito é focado em parâmetros econômicos, porém, a pesquisa busca discutir sua aplicabilidade de modo crítico. Assim, não apenas fatores de eficiência devem ser considerados, como o volume de passageiros transportados por hora e por sentido (pass./h/sentido) em uma determinada via, mas sim, seu efetivo uso para uma cidade produzida e voltada às pessoas (CITY, 1992; VALENTE *et al*., 2016).

---

[5] Estadunidense: (*adj*.) Relativo ou pertencente aos Estados Unidos da América (EUA).

[6] Parametrização: (*s*.) Configuração de um conjunto de parâmetros ou variáveis relevantes ao desenvolvimento de um modelo ou projeto.

A pesquisa é focada na discussão do planejamento urbano estruturante, por revisão do atual paradigma da escala de projeto, utilizando aspectos objetivos, como a eficiência dos modos de transporte; e aspectos subjetivos, a partir da relevância da participação social no planejamento urbano (SCHUETZ *et al*., 2016; VALENTE *et al*., 2016). Assim, considera-se que objetividade e subjetividade são ângulos de uma mesma realidade, devendo ser discutidos de forma interdependente e complementar, garantindo a importância sobre a questão ‘a quem’ a cidade é produzida.

1.2 Justificativa

Repensar o planejamento urbano voltado à escala rodoviarista é necessário. Uma cidade voltada para as pessoas constitui parte de um projetar que repense os sistemas de transporte e sua relação com a urbanização.

A eficiência urbana requer menor impacto no consumo de recursos, sendo assim, a escolha por uma mobilidade focada em transportes coletivos pode permitir uma gestão otimizada do espaço urbano e do gasto energético. Repensar a matriz de transportes, quanto a distribuição das viagens e disponibilidade de modos, é imprescindível para o atendimento eficiente das viagens rotineiras, previsíveis e programáveis em uma cidade.

No atual momento, a principal justificativa para repensar o urbanismo a partir da mobilidade, se dá devido as dificuldades enfrentadas em sistemas rodoviaristas de transporte público urbano (TPU). As operadoras desses serviços, em cidades típicas e de características esparsas, são conduzidas à descontinuidade do atendimento. Manter a eficiência, ante a questão da coletividade, dentro de uma urbanização que privilegie o automóvel como ferramenta indispensável para exercer o direito à cidade, tende a se constituir em um princípio insustentável.

Os trajetos de densidade rarefeita e distâncias curtas entre paradas, onde a baixa taxa de usuários recai no custo de operação do transporte, tornam o serviço inviável. Levando a abertura de espaço para o transporte individual motorizado, processo que já se comprovou, historicamente, ineficiente.

Ao compreender, enquanto sociedade, erros e acertos cometidos, torna-se possível buscar um aprendizado crítico, de melhor qualidade, sem a necessidade de

cometer novos fracassos. Experiências internacionais, como os exemplos estadunidenses e sua vasta documentação, podem ser utilizadas para evitar problemas que inibam uma urbe promotora do desenvolvimento pleno dos seres humanos, e auxiliar a sociedade e mobilidade sul-americana.

Em vista disso, a aplicação de um sistema de planejamento urbano orientado pela priorização do transporte público, dentro da matriz de mobilidade urbana, pode contribuir para o alcance do direito à cidade. O conceito e método de planejamento urbano '*Transit-Oriented Development*' (TOD), de estudo recente na América do Sul e no Brasil, mostra potencialidade para aprofundar a discussão sobre revisão e revitalização urbana, assinalando sua relevância.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

- Propor o aprofundamento da discussão sobre o conceito e procedimento metodológico denominado '*Transit-Oriented Development*' (TOD), compreendendo e observando suas limitações, correções e possíveis aplicações.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar fatores históricos e sociais a partir das relações entre o método TOD e o urbanismo contemporâneo;
- Enumerar parâmetros técnicos pertinentes ao desenvolvimento eficiente de um transporte público urbano (TPU);
- Sistematizar uma análise sobre a aplicação e os impactos de um sistema planejado com o método TOD;

- Argumentar quanto a implementação de sistemas TOD relacionados com variáveis de planejamento e de controle, observando as potencialidades para as urbes típicas (pequenas e médias).

1.4 Metodologia de pesquisa

A investigação tem início com o desenvolvimento de um levantamento bibliográfico, para a composição de um referencial teórico. O referencial é disposto num viés histórico sobre o papel da mobilidade ao longo do tempo, no desenvolvimento do planejamento urbano. O viés histórico parte da relação de urbanismo e mobilidade, focando na mudança de escala, antes voltada para o pedestre, chegando à problemática de uma cidade para ser vivenciada de automóvel.

A linha teórica referenciada orienta-se, basicamente, em seis autores, os quais apontam posições referentes ao urbanismo de prioridade rodoviarista e/ou a partir do resgate da vivencia urbana voltada à escala humana. A seguir serão apresentadas, brevemente, as referências e respectivas autorias:

Em Ferraz e Torres (2004), o engenheiro civil brasileiro Antônio Clóvis Pinto Ferraz em conjunto com o arquiteto mexicano[7] Isaac Guillermo Espinosa Torres, abordam o histórico de desenvolvimento dos sistemas de transporte público. O livro 'Transporte Público Urbano' descreve modos e enumera parâmetros de espaço e tempo para o planejamento de sistemas eficientes de transporte público.

O documentário referenciado em Taken (1996), denominado '*Taken for a ride*', ou 'Levado para um passeio' em tradução livre, descreve o histórico dos transportes públicos nos EUA. A referência audiovisual é coproduzida pelo diretor estadunidense Jim Klein e a escritora estadunidense Martha Olson, onde, o processo de mudança de paradigma de planejamento urbano é abordado, apresentando a influência direta de interesses do sistema de consumo.

Arrington (2003), apresenta um levantamento detalhado sobre sistemas planejados a partir do conceito '*Transit-Oriented Development*' (TOD), no processo de reinvestimento em transporte público ferroviário estadunidense. O cientista político e

[7] Mexicano: (*adj*.) Relativo ou pertencente aos Estados Unidos Mexicanos, ou México.

planejador urbano G.B. Arrington, referenciado como um dos principais pesquisadores em TOD, discute no artigo, o desenvolvimento que conduziu esse conceito ao posto de item obrigatório no planejamento urbano de revitalização dos EUA.

O artigo exposto em Schuetz *et al*. (2016), e discutido com a apresentação de Is Los Angeles (2016), contém a revisão dos projetos de reimplantação do transporte ferroviário de passageiros na cidade de Los Angeles, costa oeste dos EUA. A representante da *Federal Reserve*[8] na *University of Southern California*, Jenny Schuetz, em conjunto com a cientista política estadunidense Genevieve Giuliano e a pesquisadora chinesa em administração pública, Eun Jin Shin, apresentam e analisam os fatores econômicos envolvidos ao longo do processo de implantação de linhas de transporte público de passageiros.

O artista visual estadunidense e doutor em planejamento urbano Jeff Speck, discute o uso da escala humana para uma cidade mais segura e atrativa, que incentive a caminhada como principal modo de locomoção, dentro da perspectiva local. O livro Speck (2016), em conjunto com a produção audiovisual exposta em The General Theory (2014) e The Walkable (2015), aborda a construção de comunidades caminháveis e sua conexão com a urbe.

O engenheiro civil brasileiro Amir Mattar Valente, com o livro ‘Gerenciamento de Transporte e Frotas’, referenciado em Valente *et al*. (2016), trabalha fatores de eficiência na gestão de transportes, focando na importância da variável ‘tempo’. O livro é produzido em conjunto com o engenheiro naval Antônio Galvão Naclério Novaes, a engenheira civil Eunice Passaglia e o engenheiro civil Heitor Vieira.

A partir da construção de perspectiva sobre urbanismo e sua relação com a mobilidade urbana, a trajetória temporal conduz a apresentação do conceito de planejamento urbano ‘*Transit-Oriented Development*’ (TOD). O processo metodológico é observado frente ao panorama rodoviarista vigente no planejamento urbano, além das potencialidades no sentido de minimizar, ou até mesmo, inverter a lógica imposta.

Dando sequência a pesquisa, o planejamento em transporte urbano é analisado de forma quantitativa, com aspectos de eficiência em mobilidade urbana, relacionando essa a parâmetros de espaço e tempo. Após a construção do referencial teórico, se torna necessária uma abordagem para a discussão do uso de sistemas TOD no

[8] *Federal Reserve*: (*s*.) sistema estadunidense de bancos centrais e financiadoras para empréstimos.

planejamento urbano. Esta abordagem se dá a partir da estruturação de parâmetros essenciais, ordenando aspectos necessários para a definição de um serviço eficiente.

Por fim, a pesquisa promove o aprofundamento de uma discussão, baseada em uma análise crítica, fomentada pelos parâmetros estudados, buscando a densidade necessária para a elaboração de considerações sobre o tema.

1.5 Estrutura da investigação

Para melhor compreensão da pesquisa, o presente trabalho é apresentado em duas partes diferenciadas. A primeira parte engloba dois capítulos, os quais embasam a linha teórica proposta, ao constituir o referencial teórico. Esses, são assinalados a seguir:

- Capítulo 2: O desenvolvimento urbano – contém uma revisão histórica sobre o desenvolvimento das cidades e do transporte, bem como, a conceituação do método TOD e considerações sobre impactos no planejamento urbano;
- Capítulo 3: O planejamento do transporte público urbano – levanta parâmetros sobre a escala humana na cidade, o planejamento de linhas de transporte e, fatores de eficiência para o atendimento da mobilidade coletiva.

A segunda parte refere-se à estruturação da análise crítica e promoção da discussão sobre o '*Transit-Oriented Development*' (TOD).

- Capítulo 4: Mover sem remover – estrutura a abordagem utilizada para a análise crítica do processo metodológico TOD, e promove uma discussão referente aos aspectos de planejamento e controle em sistemas de transporte público, para maior eficiência e sustentabilidade;
- Capítulo 5: Considerações finais.

CAPÍTULO 2. O desenvolvimento urbano

O segundo capítulo da pesquisa, apresentado a seguir, compreende um levantamento histórico sobre o desenvolvimento urbano e sua relação com o transporte de passageiros. Essa parte, integrante do referencial teórico, visa compreender o modelo de desenvolvimento orientado à mobilidade coletiva e seus impactos positivos ou negativos.

2.1 Uma perspectiva histórica do transporte no desenvolvimento urbano

O processo de urbanização se relaciona com o desenvolvimento dos modos de transportes, e é pautado segundo a priorização modal[9]. Inicialmente, o crescimento dos núcleos urbanos ocidentais, era caracterizado por distâncias acessíveis aos pedestres, diretamente atrelado à escala humana. Esse modelo urbano, observado em aglomerações, anteriormente ao século XX, foi consolidado em núcleos densos e caminháveis (FERRAZ e TORRES, 2004).

Como as dimensões das cidades estavam ligadas ao potencial de locomoção humana, essas influenciavam o tamanho, as características e hábitos populacionais. As máximas distâncias de expansão estavam ligadas à velocidade média de movimentação por caminhada, referenciada em 4km/h por GTZ *et al*. (2008). O que equivale a um percurso de 1 km, no período de 15 minutos.

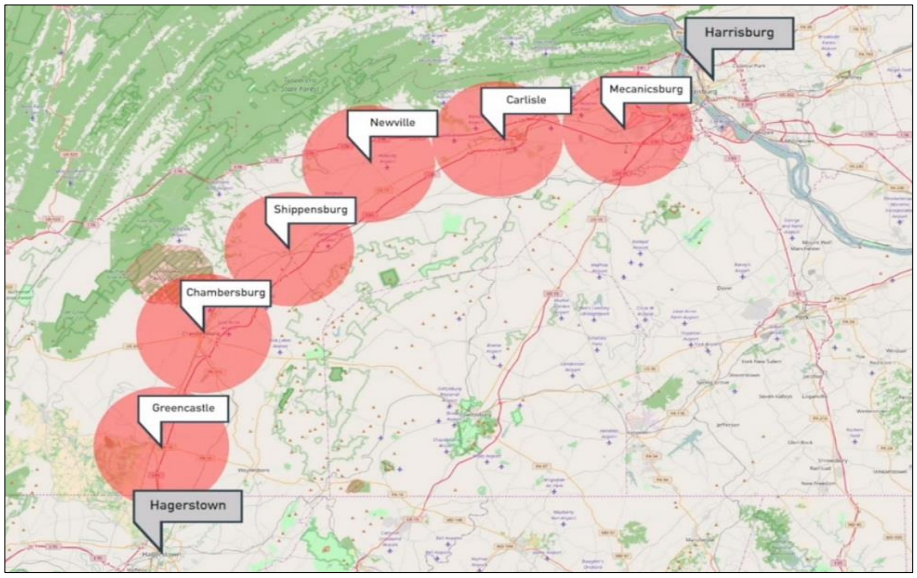
A distribuição dos núcleos urbanos se relacionava, da mesma forma, ao potencial de locomoção humana, sendo diretamente ligada à disponibilidade de suprimentos e capacidade de produção local. Assim, os pontos com fácil acesso por vias navegáveis ou rotas de transporte por tração animal prosperavam.

[9] Modal: (*adj*.) Relativo ao modo de transporte.

A baixa mobilidade exercida no meio terrestre, a localização de aglomerações afastadas da costa, ou de áreas ribeirinhas, era influenciada por distâncias caminháveis, para períodos curtos de até um dia, ou pouco mais distantes com o uso de veículos rudimentares de tração animal (FERRAZ e TORRES, 2004).

A Figura 1 mostra cidades implantadas no período inicial de colonização do atual território dos Estados Unidos da América (EUA). A disposição às coloca dentro de raios caminháveis de 8 km, garantindo distâncias máximas de 16 km entre cada povoamento. Deste modo, a locomoção diária entre campo e povoamento, ou mesmo entre localidades diferentes, seria concluída em períodos de poucas horas (FERRAZ e TORRES, 2004; WHY, 2017).

Figura 1 – Mapa de núcleos urbanos na costa leste dos EUA, evidenciadas áreas de influência com raio = 8 km.

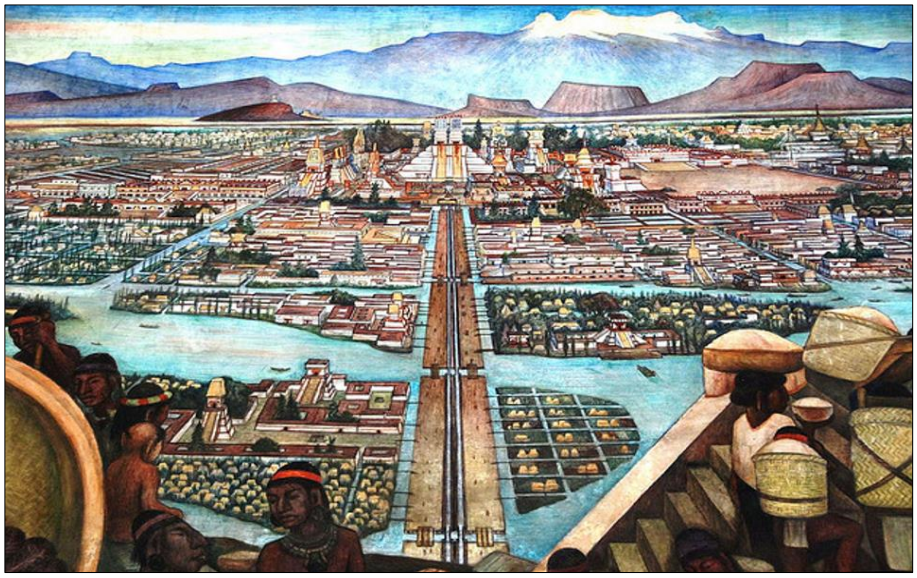


Fonte: Adaptado de WHY, 2017.

Ao longo do desenvolvimento histórico das cidades, altos números populacionais e relativa densidade urbana foram alcançadas, independentemente, da disponibilidade de um modo de transporte motorizado.

A capital do Império Asteca, Tenochtitlán (Figura 2), é um caso de aglomeração urbana altamente densa no continente americano. Os remanescentes desta cidade situam-se em território mexicano, parte do atual centro de sua metrópole, a Cidade do México.

Figura 2 – Fotografia de parte da pintura do mural ‘El mercado de Tlatelolco’.



Fonte: RIVERA, 1929-1935.

Esse centro, observado e comparado durante a invasão europeia no continente americano, concentrava as riquezas culturais e econômicas do império. Conforme o exposto por Ferraz e Torres (2004), Tenochtitlán vigorava entre os mais populosos núcleos urbanos existentes no período.

2.1.1 A mobilidade urbana coletiva

Ao longo do século XVII, as primeiras carruagens de aluguel surgiram em Londres e Paris, iniciando de forma modesta, o que viria a ser um conceito de transporte de massa. Em 1662, na capital francesa, surgiam as primeiras linhas organizadas de carruagens com itinerário fixo.

Em Nantes, na França, carruagens com capacidade superior passaram a ser utilizadas, em 1826. Estas, receberam o nome *omnibus* (Figura 3a), do latim ‘para todos’, sendo considerado o primeiro modo coletivo terrestre. A locomoção de passageiros passava a ser desenvolvida na velocidade de 5 km/h. Mesmo não sendo expressivamente maior que a velocidade alcançada por caminhada, era possível transportar pessoas sem desgaste físico, sendo mais vantajoso (FERRAZ e TORRES, 2004).

Figura 3 – (a) Representação de um ‘*omnibus*’ e, (b) um bonde de tração animal sobre trilhos.

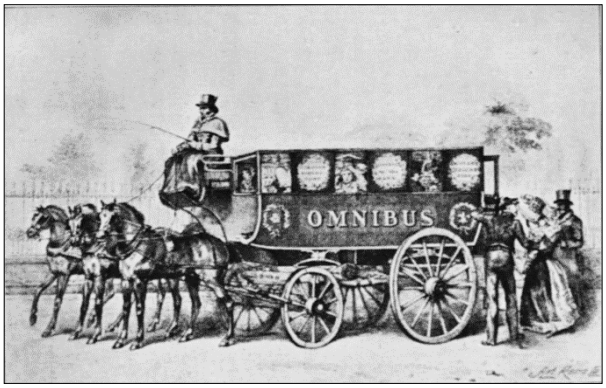


Fig. 3a

Fig. 3b

Fonte: FERRAZ e TORRES, 2004.

Os veículos utilizados no transporte urbano, sujeitos ao meio terrestre, enfrentavam uma falta de infraestrutura propícia à locomoção. Segundo Why (2017), carroças e carruagens frequentemente atolavam, ou mesmo, transmitiam aos usuários uma sensação de desconforto. Um trajeto sem pavimentação adequada acabava retirando parte do prestígio que existisse nesse modo.

Com o desenvolvimento gradual do modo ferroviário, a eficiência em mobilidade terrestre definiu seu caminho. A locomoção apoiada sobre uma barra de metal, o carril, representava benefício, devido ao menor atrito experimentado, garantindo conforto e velocidade às viagens. Conforme exposto por Ferraz e Torres (2004), a possibilidade de maiores cargas gerava um aumento da capacidade interna do veículo, pois distribuía o peso de forma homogênea no solo. As melhorias expressivas aceleraram a substituição das carruagens por veículos sobre trilhos (Figura 3b).

No ano de 1832, a cidade de Nova Iorque, nos EUA, implantava os primeiros bondes, ainda por tração animal. O veículo alcançava, rapidamente, as principais vias das cidades e, mesmo sem resolver os problemas de odores, dava ares de modernidade por sua maior eficiência. Somente cinquenta anos depois, surge a tração mecânica em bondes, em 1873 na cidade de São Francisco, costa oeste estadunidense. Os sistemas eram movidos por um cabo trator, preso ao veículo e enterrado no pavimento, a tração era garantida por roldanas nas extremidades da linha, permitindo velocidade de 15 km/h.

O continente americano, no início do século XX, consolidava sua mobilidade urbana com o uso de bondes elétricos, iniciando, a partir de 1888, com a cidade de Richmond (EUA). Pouco depois, redes extensas desses veículos atendiam as principais cidades. As linhas percorriam, inclusive, as áreas urbanas de cidades de menor porte, porém de relevância regional (FERRAZ e TORRES, 2004).

O Brasil, como exposto por Morrinson (1989), desenvolvia sua mobilidade urbana em ritmo semelhante ao norte do continente americano, sendo um dos primeiros países a eletrificar seus bondes. A cidade do Rio de Janeiro, em 1892, implantou o primeiro bonde elétrico, antes mesmo de grandes capitais europeias, e a primeira na América do Sul. As cidades brasileiras de maior importância econômica, como o caso de Rio Grande e Pelotas (Figura 4a e 4b), passaram por esse mesmo processo de desenvolvimento gradual da mobilidade, com foco no uso de bondes.

Figura 4 – (a) Sistemas ferroviários para transporte coletivo urbano nas cidades de Rio Grande e, (b) Pelotas.

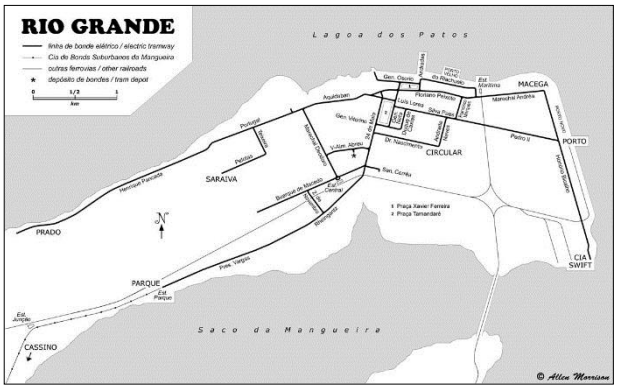


Fig. 4a

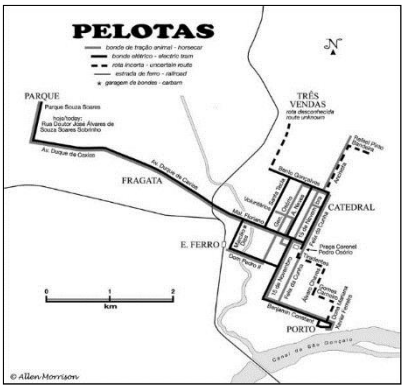


Fig. 4b

Fonte: MORRINSON, 1989.

Os sistemas de bonde possuíam características muito atrativas aos usuários, proporcionando um bom serviço, com atendimento por veículos, em curtos intervalos de tempo. Ao utilizar roda metálica sobre trilho metálico, oferecia maior conforto, pois reduzia substancialmente o atrito, além de operar com motores elétricos, mais silenciosos. Dentro das vias urbanas, os bondes tinham total preferência, com direito de uso das faixas centrais e prioridade nos cruzamentos (TAKEN, 1996).

Os carros de passeio começavam a se fazer presentes, sendo considerados uma atualização das carruagens particulares. Consistiam em veículos lentos, compartilhando o espaço da via com outras formas de mobilidade. A matriz de

transporte urbano da época, centrada no pedestre, garantia que outros veículos estivessem submetidos a este (TAKEN, 1996; FERRAZ e TORRES, 2004).

A inclusão de motores em veículos produzia outro modo de transporte, o caminhão, derivado das antigas carroças. Próprio para transportes de cargas entre áreas rurais e urbanas, quando não houvesse acesso as linhas de trem. Alguns destes veículos foram adaptados para transporte de pessoas, incluindo bancos.

2.1.2 Uma oportunidade para poucos

Em estimativas para o ano de 1922, o uso do automóvel nos EUA, representava cerca de 10% das viagens dentro da matriz de locomoção urbana. A indústria automobilística, em expansão desde o final do século XIX, não estava de acordo com a perspectiva de estagnação de sua parcela.

Taken (1996), traz em sua pesquisa o processo iniciado por Alfred P. Sloan, presidente da indústria automobilística General Motors (GM), entre 1923 e 1956. Constituía-se em uma proposta de modificação no paradigma de planejamento da mobilidade urbana, posteriormente reconhecida pelo governo dos EUA e denominada como ‘A Conspiração da General Motors sobre os Bondes’.

O foco do processo dava-se na busca por geração de lucro para a indústria automobilística, a partir de um aumento nas vendas de carros, combustíveis e pneus. A modificação do planejamento e, por consequência, da sociedade humana, ao reunir no princípio conspiratório um cartel[10] de empresas petrolíferas, produtoras de borracha, e acionistas financeiros, acabou por definir os moldes do sistema energético petrolífero da atualidade (TAKEN, 1996; WHAT, 2015).

Na perspectiva rodoviarista, tendo sua parcela original, fixada em 10% da matriz de mobilidade, ao ser possível eliminar os sistemas de bondes, 90% das viagens necessitariam ser atendidas. E isto, poderia ser feito por novos carros da GM.

O espaço dedicado ao transporte público era interessante para o automóvel, pois permitiria o protagonismo e aumento de velocidade nas vias urbanas, devido a tendência de saturação de uso do espaço pelo carro (Figura 5a). Entretanto, adquirir

[10] Cartel: (*s*.) Truste. Estrutura onde empresas concorrentes se ajustam por acordos para garantir o controle do seu mercado de atuação, estabelecendo maiores preços, visando maior margem de lucro.

um carro já não era possível a todos, visto o alto custo do transporte individual motorizado e, sendo a maior parte da população pertencente a classe trabalhadora.

A saída rodoviarista, para a mobilidade coletiva, se deu conjunta a um modo de transporte de passageiros que reforçasse o paradigma em mutação. Ao buscar modernidade à um antigo modo, a perspectiva romantizada sobre as carruagens leva a propaganda de um novo '*omnibus*' (Figura 5b) (TAKEN, 1996; WHAT, 2015).

Figura 5 – (a) Compartilhamento de via por bonde e automóvel, (b) uso de propaganda direcionada para atrair usuários ao ônibus.

Fig. 5a Fig. 5b

Fonte: TAKEN, 1996.

Em 1926, o processo de desmantelamento do transporte público ferroviário se iniciou na cidade de Nova Iorque (EUA), com a gradual aquisição de ações das empresas de bondes urbanos, diretamente, com o truste liderado pela GM. A retirada dos serviços de bondes ocorria de forma rápida após a aquisição, diminuindo a capacidade do serviço, propositalmente, por má gestão do sistema (TAKEN, 1996).

Os intervalos entre veículos se tornavam esparsos, de 10, para 12, 15 e em seguida 30 minutos, entre um bonde e outro. Assim, a perda de capacidade total da linha provocava redução na atratividade desse transporte para os usuários.

2.1.3 O arrasamento da cidade de escala humana

Proprietária das maiores empresas de operação e fabricação de ônibus dos EUA, a GM, a partir de 1930, passa a investir na motorização das linhas de transporte

público nova-iorquinas. O processo, segundo Taken (1996), consistia na substituição dos sistemas de bondes por novos modelos, os ônibus, com nome em alusão ao antigo modo. A retirada e queima dos bondes, forçadamente decadentes e obsoletos, garantia que esse sistema não fosse reinstalado, pois seria um processo economicamente inviável (Figura 6a e 6b).

O uso de uma forte propaganda no período, abafa o crime da queima dos bondes com ajuda da mídia, vendendo a tendência de modernização dos sistemas de transportes em Nova Iorque (EUA), a partir da motorização.

Figura 6 – (a) Desmonte do sistema ferroviários e a (b) queima dos bondes.

Fig. 6a Fig. 6b

Fonte: TAKEN, 1996.

No entanto, a tendência de modificação na mobilidade não era real, pois o ônibus não era visto pela população como um modo atrativo. Era lento, poluente e desconfortável, não estando adaptado à realidade das ruas das grandes cidades. Infelizmente, conforme a intenção rodoviarista, o ônibus se tornou outro fator de incentivo na compra do carro, pois era um serviço inviável, a ponto de necessitar, literalmente, queimar uma ideia, para se tornar atrativo (TAKEN, 1996; FERRAZ e TORRES, 2004).

A partir da década de 1930, as mudanças na matriz de locomoção urbana e a crescente expansão do espaço para os carros, passava a afetar mais a desigualdade social. As áreas urbanas não eram adequadas ao carro, assim, era necessário modificar esse espaço em nome de um paradigma voltado a máquina. Anteriormente, a maior parte do espaço era dedicado às pessoas, faixas carroçáveis[11] estreitas

[11] Carroçável: (*adj*.) Espaço na via/rua destinado ao tráfego de carroças e carros.

induziam a baixa velocidade dos automóveis, quadras curtas geravam inúmeros cruzamentos e, os ônibus de passageiros, que atendiam a classe trabalhadora, tornavam o tráfego urbano lento por falta de priorização (TAKEN, 1996; WHAT; 2015).

A expansão do ideal inicial da GM continuava a adquirir e sucatear empresas de bonde pelos EUA. A meta de ampliação do mercado do automóvel atingia um novo patamar, paralelamente a essa expansão, e atraia novas empresas, como Chevron, Ford, Standard Oil e Firestone. Em 1932, com apoio governamental e financeiro, o presidente da GM, Sloan usa sua ligação com políticos do Senado estadunidense e cria um grupo de pressão política (*lobby*), denominado *National Highway Users Conference* (TAKEN, 1996).

Companhias petrolíferas, fabricantes de pneus, e todas as demais empresas que tivessem relação com a indústria rodoviarista, foram reunidas neste grupo. Assim nascia o *lobby* mais forte do Congresso dos EUA, existente até a atualidade, o qual controlava milhões de dólares em investimentos, provindos da taxação dos combustíveis fósseis, e usado para a construção de rodovias.

A retirada dos bondes (Figura 7) constituiu um processo de desinvestimento massivo nas áreas urbanas mais densas, pois o ideal de priorização do automóvel exigia vias largas e rápidas, cortando a cidade.

Figura 7 – Retirada dos trilhos de bonde da Terceira Avenida (1943), em Seattle – EUA

Fonte: SEATTLE, 1943.

Entre 1930 e o final da década de 1960, What (2015) e Gentrification (2017) apresentam como essa mudança atingia, principalmente, os redutos da população trabalhadora. Esta, era obrigada a se adequar a um sistema ineficiente de transporte. Assim, sentindo, fortemente, a ruptura do paradigma voltado às pessoas, com a mudança na política de distribuição de infraestrutura na cidade.

O controle econômico por grupos da elite, a partir de práticas que não disponibilizavam financiamento para construção ou reforma em áreas socialmente fragilizadas, promovia a rotulação destas como áreas desfavoráveis para investimento. A rotulação de comunidades, geralmente não-brancas, aliada ao desinvestimento em infraestrutura, como o sucateamento de serviços de transporte público para a classe operárias, constituía os primeiros passos em do processo gentrificador (GENTRIFICATION, 2014).

Na atualidade, esse processo conduz à especulação imobiliária, a qual produz o deslocamento forçado de populações que habitam áreas economicamente sensíveis. Deslocamento que ocorre com o aumento abusivo de custo de vida para populações sensíveis e, com o retorno de investimentos em infraestrutura de maneira direcionada, para atrair novos moradores com maior autonomia econômica (WHAT, 2015; GENTRIFICATION, 2017).

2.1.4 A suburbanização

Uma perspectiva problemática de urbanização retirava a atratividade da convivência no espaço interno da cidade, ao mesmo tempo, fazia um reforço do paradigma econômico do sistema de consumo (TAKEN, 1996). A modificação do processo de planejamento acabava com o abandono da característica de promoção do convívio humano. Atrelando, a partir de um zoneamento monotípico e em escala macro, um sentimento de poder com o uso de um automóvel próprio (SPECK, 2016).

Compreende-se o zoneamento monotípico como a criação de grandes áreas de uso do solo exclusivo, com distinção clara. Na Figura 8a é possível observar áreas residenciais unifamiliares desconectadas de áreas de lazer, onde é necessário o uso de automóvel para acessar espaços abertos e espaços públicos de convívio, algo comum na construção do subúrbio (THE GENERAL THEORY, 2014).

Figura 8 – (a) Zoneamento monotípico com distinção de áreas residenciais e de lazer, (b) grandes áreas dedicadas a estacionamento.

Fig. 8a Fig. 8b

Fonte: THE GENERAL THEORY, 2014.

O transporte urbano, focado em um modo individual e motorizado, aumenta a necessidade de viagens individuais porta-a-porta e, por consequência a demanda por espaço exclusivo ao uso do automóvel (TAKEN, 1996; VALENTE *et al*., 2016). Essa exclusividade pode ser visualizada com a demanda crescente de vias rápidas e estacionamentos (Figura 8b).

Um sistema de transporte público sem priorização reforça o paradigma de mobilidade individual, ao transmitir o sentimento de imobilidade, ausência de movimento por um modo que ofereça baixa qualidade. O ônibus, poluente, de baixa capacidade e lento por falta de priorização, reduzia drasticamente a qualidade da mobilidade urbana. A tendência permanecia focada no transporte individual, o qual permitia direito à cidade e às liberdades individuais, apenas àqueles que possuíssem automóveis (TAKEN, 1996; THE GENERAL THEORY, 2014).

Modificar a escala da cidade era necessário para a consolidação do transporte individual motorizado. Assim, uma expansão urbana seria a forma de conquistar novos espaços para os carros, retirando as pessoas da cidade e de seu tráfego lento e problemático (TAKEN, 1996).

Morar fora da urbe se tornava atrativo nos EUA a partir de 1944, onde a busca por expansão do modelo de escala centrado no automóvel recebia incentivo governamental, servindo aos interesses do sistema de consumo. O processo suburbanizador passava de conceito para fato, com a disponibilização de financiamento imobiliário à militares em retorno da Segunda Guerra Mundial. A disponibilidade se dava, prioritariamente, para famílias brancas, mediante uma

legislação federal estadunidense denominada ‘Ato de Reajuste dos Militares’, popularmente conhecida como ‘*G. I. Bill*’ (GENTRIFICATION, 2017).

Ainda, segundo Gentrification (2017), este fenômeno hipotecário foi nomeado como ‘*white flight*’, em tradução livre ‘voo dos brancos’, por sua questão claramente racializada. Famílias brancas recebiam financiamento imobiliário para acessarem a vida no subúrbio, o conhecido ‘sonho americano’, e abandonar áreas da centralidade urbana, com composição étnica diversificada.

A divisão de investimento evitava financiamentos para soldados negros, latinos e indígenas, marginalizando estas populações e incluindo um componente estigmatizado ao processo gentrificador de desinvestimento na cidade concêntrica e consolidada (TAKEN, 1996; GENTRIFICATION, 2017).

A expansão urbana estava ligada no aumento da malha viária; assim, onde haviam mais bairros-dormitório projetados e idealizados com menor densidade e a perspectiva bucólica de união da cidade e do campo (Figura 9a), mais rodovias eram necessárias. Com um maior número de vias dedicadas para acessar a cidade e os bens de consumo, mais congestionamento era gerado (Figura 9b). O paradigma rodoviarista era reforçado, assim como, os congestionamentos, pois toda a residência suburbana necessitava de, ao menos, um carro na garagem (TAKEN, 1996).

Figura 9 – (a) Expansão urbana para os subúrbios de menor densidade e, (b) os inúmeros congestionamentos resultado da locomoção diária.

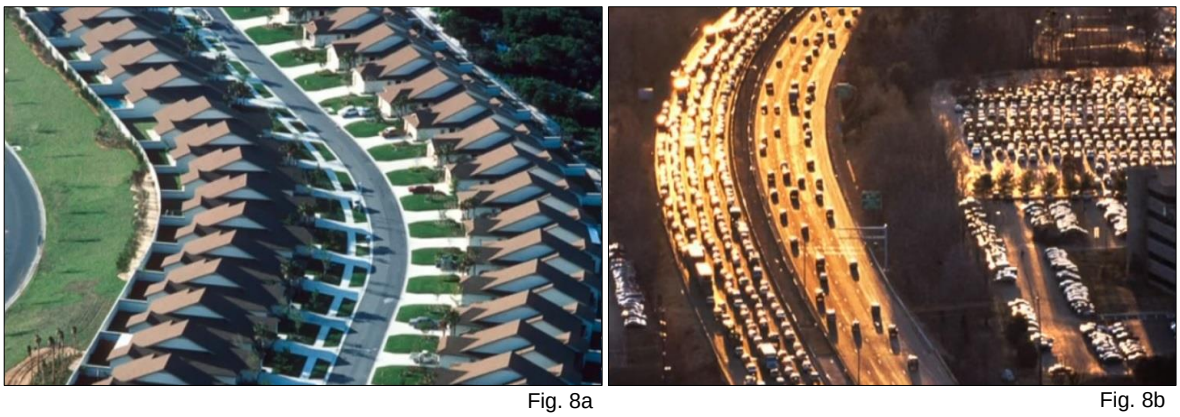


Fig. 8a Fig. 8b

Fonte: THE GENERAL THEORY, 2014.

Durante o período de consolidação do subúrbio, o truste rodoviarista, por meio da mídia e seu poder de pressão social, incitava o cidadão médio a exigir mais rodovias, em nome de um dito direito de liberdade e, obviamente, retirando o

componente ‘automóvel’ do problema. Assim, o vetor de crise do sistema de transporte não seria o carro e sim a falta de rodovias (TAKEN, 1996; SPECK, 2016).

No ano de 1953, o presidente da GM passa a ser o novo Secretário de Defesa estadunidense, e usando sua influência no governo, aprova, em 1956 o plano do Sistema Rodoviário Interestadual, modificando completamente a matriz interna de transporte nos EUA. Reduzindo o investimento no transporte ferroviário de carga e aumentando a malha rodoviária (TAKEN, 1996).

Ao longo do período, planejadores urbanos, arquitetos e engenheiros, apoiaram o desenvolvimento rodoviarista. O engenheiro Robert Moses, inspirado no crescimento econômico parisiense após 1848, propõe uma implementação com vistas ao trabalho executado pelo Barão Haussmann, o qual consistia na criação de um sistema de largas avenidas, higienizando as vizinhanças centrais de Paris. Moses baseia-se nessa escola e aplica-a nas áreas urbanas estadunidenses, concentrando o desenvolvimento na região metropolitana de Nova Iorque (HARVEY, 2009).

Os projetos de Moses conduziram ao deslocamento de mais de 500 mil pessoas, em nome da construção de uma rede moderna e eficiente de vias expressas para automóveis. A justificativa era a busca por uma cidade atrativa ao ato de dirigir, modelo o qual delimitou a forma de urbanizar seguida por diversos urbanistas nos anos seguintes (HARVEY, 2009; THE GENERAL THEORY, 2014; SPECK, 2016).

Durante o processo de expansão viária da região metropolitana nova-iorquina, Moses dobrou a disponibilidade de faixas para carros, buscando resolver a saturação sentida por um sistema rodoviarista em crescimento. No entanto, a demanda induzida por políticas de desenvolvimento voltadas à aquisição de automóveis, conduziu novos motoristas a estas vias, saturando o sistema em 18 meses.

A necessidade de reforçar o paradigma do automóvel, induziu a uma nova duplicação, no trecho de maior movimento, logo, a saturação pela demanda induzida foi atingida em menos de 6 meses, indicando o caráter insustentável desse modo.

A compreensão deste processo, enquanto modo de influência estadunidense na produção da cidade e do ideal rodoviarista, é importante, considerando sua posterior expansão global. A onda rodoviarista crescia, chegando ao Brasil como paradigma internacional consolidado de planejamento, e sendo visualizada na construção das urbes brasileiras a partir desse momento, exemplificado na construção da nova capital, Brasília (FERRAZ e TORRES, 2004; SPECK, 2016).

2.1.5 A reimplantação do transporte público ferroviário

Movimentações públicas nos EUA, iniciadas em 1964, buscavam evitar a expansão das rodovias, as quais cortavam cidades inteiras, e geravam elevação vertiginosa da poluição do ar. A partir desse período, uma coalizão entre cinquenta cidades estadunidenses conseguiu adiar dezessete projetos de autoestradas que dividiriam comunidades. Gradualmente, a pressão pública tomava espaço na discussão sobre a produção da cidade e no questionamento a um paradigma de projeto desfavorável à escala humana (TAKEN, 1996).

O final da expansão desenfreada do sistema rodoviário, se deu em São Francisco, em 1973, onde a população, com apoio da prefeitura, impediu a construção de uma rodovia de três andares na orla central da cidade, em Embarcadero. O episódio criava comoção nacional e incitava a necessidade de manifestação pública.

Mesmo cessando a construção de novas rodovias, o nível de poluição atingiu seu máximo em 1974, quando o governo indicava como desaconselhável que crianças e idosos saíssem à rua por mais de quinze minutos nos dias comerciais (TAKEN, 1996; SPECK, 2016).

A partir deste ano, devido à pressão pública, o Senado estadunidense instaurou a primeira investigação sobre a conspiração e o truste liderada pela empresa GM. Pouco tempo antes, em 1972, o estado do Hawaii criava uma lei antitruste, anti-cartel, a qual apoiava a revisão do processo iniciado cinquenta anos antes e, permitiu o levantamento dos prejuízos intrínsecos a mudança de paradigma para a escala rodoviarista. Segundo os valores da época, os prejuízos em todas as cidades estadunidenses atingidas, ultrapassavam os US$ 300 bilhões, sendo inviável o seu retorno (TAKEN, 1996).

A pressão pública exigia retorno no investimento em transporte público ferroviário de qualidade, porém, poucos projetos saiam do papel. Com a mobilização por uma legislação antitruste, a população passou a pautar que esse investimento deveria ser feito a partir da revisão do fundo de taxação dos combustíveis, o *Highway Trust Fund*, ou ‘fundo do cartel rodoviário’ em tradução livre.

A verba estadunidense, originária em impostos sobre o uso do automóvel, a partir deste momento, passou a ser investida em transporte coletivo, iniciando projetos

de metrô pesado na capital estadunidense, Washington D. C.[12], e em São Francisco na costa oeste. Diversas cidades investiram em sistemas de metrô leve, por serem mais baratos que o modo anterior, dependendo de menos infraestrutura pesada (TAKEN, 1996; SCHUMANN, 2012).

A reinstalação de sistemas ferroviários centrou-se no plano estadunidense *New Starts*, ou 'recomeços', o qual incentivava condados ao longo do país, a proporem a revitalização de trechos ferroviários abandonados ou sucateados, para o transporte de passageiros. Posteriormente, o plano *New Starts* serviria de molde para replicação em mais países, como o Brasil, devido a necessidade crescente de retorno ao paradigma de planejamento mais amigável a vivência humana na cidade.

O uso de metrô leve, ou *Light Rail Transit* (LRT), era incentivado como modo central da reinstalação de sistemas de transporte público de alta qualidade. Os veículos derivados dos antigos bondes supriam a demanda de mobilidade e, por estarem ao nível da rua, mesmo com priorização dentro da matriz de transporte, eram, diretamente, inseridos na dinâmica da cidade (TAKEN, 1996; ARRINGTON, 2003).

Ao longo do período compreendido entre as últimas décadas do século XX e o início do século XXI, os sistemas de transporte por metrô leve (LRT), na América do Norte, passaram a protagonizar estratégias de redesenvolvimento urbano integrantes do plano *New Starts*. Entre 1972 e 2012, Schumann (2012) contabilizava 38 regiões metropolitanas atendidas pelo projeto *New Starts*, separadas em 34 nos EUA e 4 no Canadá. As regiões atendidas eram concentradas nas áreas de maior densidade urbana em cada país, ou seja, costa leste, costa oeste e sul estadunidense; e, costa leste e costa oeste canadense.

Projetos iniciais, como o de São Francisco, EUA, foram caracterizados como experiências de desenvolvimento urbano integrado, o que posteriormente constituiria parte do atual conceito de *Transit-Oriented Development* (TOD). As propostas com melhor gestão econômica do crescimento urbano no entorno das instalações ferroviárias, denominadas como 'Desenvolvimento Adjacente ao Transporte', *Transit-Adjacent Development* (TAD), passaram a receber destaque e influenciar novos projetos (CITY, 1992; ARRINGTON, 2003).

Durante esse período, Arrington (2003) cita que algumas cidades apresentaram as primeiras estações de transporte com aplicação de fatores considerados como

[12] Washington D. C.: (*s*.) A cidade de Washington coincide com o Distrito de Columbia (D. C.), ou distrito federal dos EUA.

vitoriosos, ou de sucesso, em experiências TAD, a partir dessas que obtinham maior sucesso em desenvolvimento econômico e populacional. Fatores como escolhas de traçado, os quais interligassem áreas densas e com potencial econômico, se uniam ao incentivo do uso de zoneamento misto e da mobilidade suave por pedestres e ciclistas, junto às estações e linhas de transporte. Os investimentos específicos em acessibilidade direcionando a cidade às estações, atraiam usuários para o entorno, garantindo sustentabilidade do transporte (ARRINGTON, 2003; SCHUMANN, 2012).

Em 1992, a cidade de San Diego, EUA, contrata o escritório de urbanismo Calthorpe Associados, ainda em atividade, buscando organizar o processo orgânico de desenvolvimento urbano no entorno das estações. A estruturação de um plano de diretrizes de projeto, para o crescimento urbano orientado pelo transporte público ferroviário, produziu o documento referenciado em City (1992).

O documento intitulado '*Transit-Oriented Development – Design Guidelines*', consiste na primeira publicação e normatização do TOD. Ao longo do tempo, o conceito e processo metodológico TOD ganha expressão, sendo replicado em países como Canadá, Austrália e México. Hoje, o planejamento urbano com uso de sistemas orientados e estruturantes são parte obrigatória em qualquer projeto de mobilidade coletiva que busque financiamento nos EUA.

2.1.6 O transporte público ferroviário na perspectiva brasileira

A proposta brasileira de reimplantação do transporte ferroviário de passageiros seguiu o exemplo dos EUA, enfatizando o reinvestimento em vias férreas existentes, as quais estivessem ociosas ou subaproveitadas. Porém, o plano estadunidense visava uma nova fase de desenvolvimento em vizinhanças desinvestidas, criando ou recriando centralidades em áreas urbanas consolidadas (ARRINGTON, 2003).

A versão brasileira voltava-se ao atendimento de demandas defasadas em transporte local de comutação, ou seja, suprir viagens rotineiras entre localidades próximas, locomoção pendular. Os trechos disponíveis para reinvestimento eram pré-selecionados, como descrito, por exemplo, no estudo de viabilidade técnica, econômica, financeira, social e ambiental apresentado em Brasil (2013).

O reinvestimento ferroviário buscava um crescimento econômico similar ao ocorrido nos EUA. No entanto, ao copiar a proposta, os possíveis impactos observados nos projetos executados internacionalmente não foram considerados, caracterizando uma ausência de análise crítica sobre o modelo.

Em 1997, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), do Governo Federal, contratou um estudo para determinação de vias possivelmente revitalizáveis, buscando traçados com propostas de uso, a custos baixos em infraestrutura. Foram elencados 64 trechos. A partir desta definição, o governo brasileiro deu início, em 1998, a uma proposta de reimplantação ferroviária regional conhecida como Projeto de Trens de Vizinhança (BRASIL, 2011).

Posteriormente, o projeto acabou estagnado, sendo repensado a partir de 2003, com a mudança presidencial. Buscando unir interesses no transporte de cargas e passageiros, o Governo Federal propõe a criação do Plano de Revitalização das Ferrovias, o qual abrangia, entre outras propostas, o Programa de Resgate dos Transportes Ferroviários de Passageiros (PRTFP). Este programa baseava-se nos trechos apresentados pelo BNDES, porém selecionando 14 linhas de interesse, consideradas com maior potencial econômico (Tabela 1).

Tabela 1 – Trechos selecionados para o Programa de Resgate dos Transporte Ferroviários de Passageiros (PRTFP)

Classificação	Estado	Trecho	Extensão (Km)
1º	SE	São Cristóvão – Laranjeiras	40
2º	PR	Londrina – Maringá	122
3º	RS	Bento Gonçalves – Caxias do Sul	65
4º	PE	Recife – Caruaru	139
5º	RJ	Campos – Macaé	94
6º	MG	Belo Horizonte – Conselheiro Lafaiete / Ouro Preto	149
7º	SC	Itajaí – Blumenau – Rio do Sul	146
8º	RS	Pelotas – Rio Grande	52
9º	SP	Campinas – Araraquara	192
10º	RJ	Santa Cruz – Mangaratiba	49
11º	MG	Bocaiúva – Janaúba	217
12º	SP	São Paulo – Itapetininga	199
13º	BA	Conceição da Feira – Salvador – Alagoinhas	238
14º	MA/PI	Codó – Teresina – Altos	205

Fonte: BRASIL, 2013.

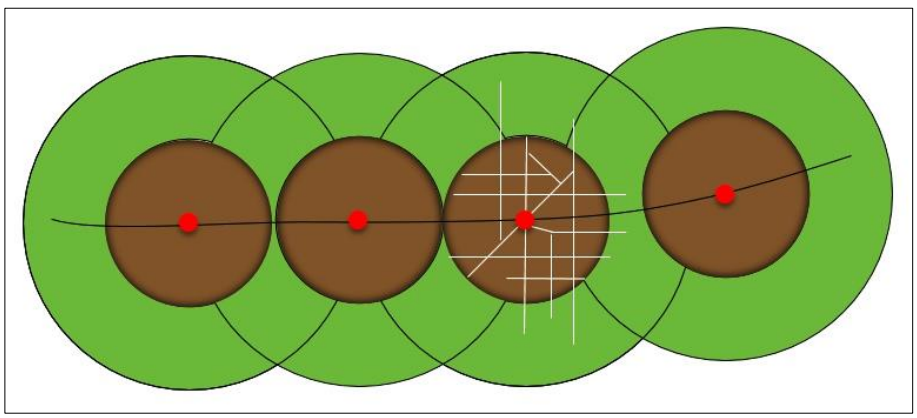
Novamente, após anos de projetos e levantamentos, acontece um novo adiamento por modificação do eixo político governamental. As propostas, descontinuadas, aguardam uma nova onda de investimento voltado ao transporte público urbano (TPU) de qualidade, ou seja, priorizando a cidade para os pedestres.

2.2 Planejando um processo orgânico –*Transit-Oriented Development* (TOD)

Conforme exposição anterior, o conceito de Desenvolvimento Orientado ao Transporte Público de Passageiros, provém do inglês *Transit-Oriented Development* (TOD). Esse, é resultado de uma parametrização do Desenvolvimento Adjacente ao Transporte (TAD), a definição do conjunto de variáveis relevantes no processo orgânico de crescimento junto às instalações de transporte existentes. Aplicado a isso, o TOD busca corrigir possíveis erros presentes em experiências anteriores.

O conceito TOD constitui-se num método caracterizado pela gestão do crescimento urbano centralizado na conexão da cidade, devido a parametrização das variáveis favoráveis ao desenvolvimento orgânico junto das instalações/facilidades de transporte. É aplicado dentro de cada vizinhança (Figura 10), criando centralidades e relacionando a mesma ao entorno das paradas e/ou terminais de transporte público (ARRINGTON, 2003).

Figura 10 – Perspectiva de conectividade entre vizinhanças dos sistemas TOD, e distribuição interna por microrredes de mobilidade suave.



Fonte: Desenvolvido a partir de ARRINGTON, 2003.

As características do processo metodológico podem ser observadas com a gerência do desenvolvimento urbano, onde é possível incentivar uma urbanização concêntrica, caminhável e de preenchimento. Os sistemas TOD, locais e regionais, priorizam o uso de mobilidade suave na microrrede de locomoção, no entorno de cada estação ou parada de transporte público.

O incentivo ao adensamento racional do espaço é induzido, com revisão dos vazios e qualificação dos mesmos (Figura 11a, 11b e 11c), voltados a promover o convívio da comunidade (ARRINGTON, 2003; 7 PRINCIPLES, 2017).

Figura 11 – Simulação de adensamento no entorno de uma linha LRT

Fig. 11a Fig. 11b Fig. 11c

Fonte: 7 PRINCIPLES, 2017.

A atração de usuários potenciais para próximo das instalações de transporte, visa aumentar o número de viagens em uma linha, garantindo que esta seja viável e sustentável, e permita a capitalização de investimentos em transporte público. Como meta de resgate da cidade concêntrica, destruída pelo planejamento voltado ao automóvel, o método TOD busca uma gestão realista dos recursos finitos, num retorno ao paradigma da escala humana (CITY, 1992; ARRINGTON, 2003).

O método TOD tem como influência alguns princípios adotados por movimentos, como o Crescimento Inteligente (*Smart Growth*); o Novo Urbanismo (*New Urbanism*); e, o Movimento por Comunidades Habitáveis (*Livable Communities Movement*) (ARRINGTON, 2003). Estes princípios determinantes, enumerados a seguir, fazem parte da construção do conceito TOD:

- Incentivo ao adensamento urbano da área de estudo, respeitando o padrão de densidades existentes, com incentivo de desenvolvimento local, entre os valores máximos e médios observados;
- Gestão do uso do solo de forma mista, nos sentidos horizontal e vertical;
- Planejamento compacto e orientado aos pedestres e paisagens urbanas;

- Incentivo a projetos de construção orientados para a rua, permitindo fácil acesso de pedestres ao transporte público;
- Micromalha viária conectada, evitando ruas sem saída (*cul-de-sacs*); e,
- Sistemas de parques e espaços abertos.

O crescimento é focado numa boa relação urbana com as paradas de transporte público, inclusive, direcionando as construções para usos mistos e possibilidade de conexão direta com as estações. O impacto da urbanização é adaptável ao padrão local de cada área, onde, o incentivo ao adensamento deve ser considerado após uma análise dos padrões de densidade local, respeitando-os. Assim, o processo TOD determina que novos projetos se mantenham dentro dos valores médios e máximos observados no adensamento da vizinhança.

O planejamento é feito com base na escala humana, tendo como menor indivíduo de projeto, o pedestre, ao contrário do pensamento rodoviarista, focado no automóvel (ARRINGTON, 2003; SPECK, 2016).

Ao se projetar mais espaços abertos, direcionados à caminhabilidade e, prioritariamente, por uma malha urbana permeável e conectada, com quadras menores e mais confortáveis à locomoção humana, permite-se liberdade ao transporte individual, respeitando o protagonismo do pedestre.

Segundo Arrington (2003), um projeto TOD bem-sucedido tende a reforçar a comunidade local, bem como, o sistema de transporte público. Uma estação individual pode ter seu número de viagens acrescido de 20 a 40%, o que pode gerar um aumento de até 5% no total global de viagens do sistema. Assim, o método apresenta amplo potencial, tanto para grandes, quanto pequenas comunidades. Motivo, pelo qual, vem sendo abraçado por um número crescente de comunidades estadunidenses, aliado ao projeto de sistemas de metrô leve (LRT), estrategicamente para acomodar o crescimento sem diminuir a habitabilidade.

2.2.1 Parâmetros do TOD

Os sistemas TOD são vizinhanças de uso misto e denso no entorno de estações de transporte público, reforçando uma perspectiva de comunidade.

A movimentação local prioritária, deve ser por um sistema confortável de mobilidade suave, com calçadas seguras e alta permeabilidade abrangendo todo o entorno da estação. Inicialmente, as áreas de entorno eram determinadas por um raio de 0,375 milha, aproximadamente 600 metros, para alta densidade de moradias e, 1 milha, ou 1600 metros, para baixa densidade, com menor distinção do espectro de adensamento. Essas distâncias foram aplicadas em alguns projetos, presentes na primeira leva do programa *New Starts* (CITY, 1992).

A partir da revisão dos sistemas TOD, ao longo de experiências em um maior número de cidades estadunidenses, as distâncias passaram a ser trabalhadas de forma mais compacta. As densidades referentes de mediana à máxima são definidas por raios de caminhabilidade e, complementarmente, densidades medianas a baixas, distanciadas em raios cicláveis. Deve se considerar que a definição de média de adensamento urbano é dada de acordo com o local de instalação da parada, após levantamento dos padrões do bairro (ARRINGTON, 2003).

A partir disto, determina-se que áreas de densidade de tendência alta dentro do padrão local se concentram num raio de 0,25 milha, ou 400 metros, permitindo acesso às estações em seis (6) minutos de caminhada, com velocidade de 4km/h. As áreas de densidade com tendência, levemente, acima da média se encontram em raios de 0,5 milha, ou 800 metros, caminháveis em 12min, para a mesma velocidade de 4km/h (Figura 12a).

Figura 12 – Área de entorno da estação de transporte em sistemas TOD.

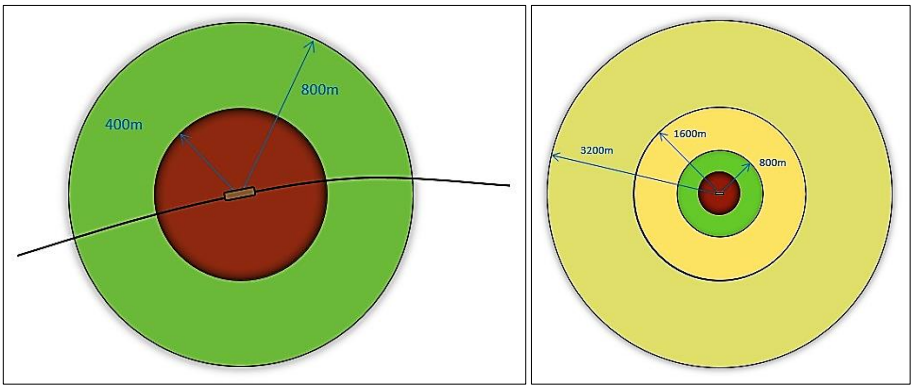


Fig. 12a Fig. 12b

Fonte: Desenvolvido a partir de ARRINGTON, 2003.

Considerando a velocidade média de passeio para ciclabilidade, em 16km/h, as distâncias de adensamento com tendência abaixo da média estariam abrangidas

em raios de 1 milha, ou 1600 metros (Figura 12b), cabendo ao distanciamento de 2 milhas, ou 3200 metros, às áreas mais rarefeitas, de baixíssima densidade (ARRINGTON, 2003).

A distribuição e acessibilidade dos usuários dentro do entorno das estações deve ser feita por redes de mobilidade suave de alta qualidade, sendo importantes na construção de espaços para as pessoas. Dentro dos raios estipulados, estariam abrangidos espaços para comércio, serviços, maior número de postos de trabalho, sistema educacional, parques e praças, respeitando os níveis distintos de moradia relativos às medias locais. Os principais serviços e comércios estariam localizados junto das estações, por exemplo, em casos iniciais, shopping centers foram projetados para atender as paradas de transporte público (CITY, 1992; ARRINGTON, 2003).

O desenvolvimento de projetos, da década de 1970 até a atualidade, possibilitam experiências para o aperfeiçoamento dos sistemas TOD. Segundo Arrington (2003), as comunidades que trabalharam o TOD, em conjunto com o uso de mobilidade coletiva por metrô leve (LRT), receberam maior apoio do mercado imobiliário e do sistema de consumo.

A união de ambos, método e conceito, possibilita formas de reconstruir comunidades e movimentar pessoas. A partir do acúmulo de informações sobre o TOD, são apresentadas cinco considerações empíricas, indicadas para comunidades que tenham interesse em desenvolver-se por intermédio da gestão de mobilidade urbana (ARRINGTON, 2003). As considerações apresentadas, em tradução livre, são:

- As decisões iniciais sobre planejamento e projeto voltado aos sistemas LRT e TOD, definem as oportunidades de investimento, incentivando, cada vez mais cedo, órgãos locais e agências de transporte público a empreender mediante orientação do transporte;
- O uso do método TOD no planejamento tende a dar maior viabilidade ao projeto de metrô leve (LRT), adicionando clientes ao sistema, e possibilitando retorno financeiro para a localidade, mediante valorização imobiliária e perspectivas de financiamento;
- O desenvolvimento no entorno da estação deve ser favorecido por normatização, incentivando o crescimento orientado para as instalações de transporte, permitindo revisão do uso do solo e zoneamento, normalmente, monotípico nas áreas trabalhadas;

- O interesse imobiliário para o uso de TOD é real e crescente, tendo potencial de valorização em taxas médias de 39% para áreas residenciais e 53% para áreas de uso misto;
- O sucesso dos projetos só acontece com envolvimento significativo da população na mesa de decisão, ou seja, as comunidades devem estar cientes e em contato com o poder público, consistindo num processo de planejamento urbano participativo, de forma horizontal com planejadores de transporte, arquitetos e engenheiros, etc.

Como consideração mais importante do planejamento está a necessidade de trazer um novo elenco de personagens para a mesa de decisão, com a participação popular. Esta necessidade de planejar, projetar e implementar o transporte público orientado para o desenvolvimento urbano, faz com que o espaço conhecido seja apropriado e vivenciado (CITY, 1992; 7 PRINCIPLES, 2017). A população que vive a cidade tem direito de produzir a mesma.

Para Arrington (2003), todas as considerações desenvolvidas até aqui podem ser compiladas nos dez seguintes passos, indicando, aos planejadores, como garantir o sucesso de sistemas orientados à mobilidade, ou TOD. São eles:

1. Crie parcerias locais e governamentais para desenvolver um bairro orientado ao transporte público;
2. Planeje o entorno da estação para os raios de 400 e 800 metros, com densidades de medianas à altas, para garantir mais agilidade na obtenção de apoio federal;
3. Revise os códigos e normas de desenvolvimento locais para compreender a necessidade de modificação e como essa deve se dar;
4. Desenvolva um transporte público efetivo que atenda a comunidade com a melhor qualidade disponível, conectando-se a mesma;
5. Planeje a área para usos mistos, pois uma diversidade no zoneamento ao longo da linha ajuda a reduzir a dependência do automóvel, ao mesmo tempo que aumenta o caminhar e o uso de transporte público;
6. Conecte o transporte público com a comunidade para tornar os espaços mais atrativos à convivência e habitabilidade;
7. Busque projetos amigáveis aos pedestres;

8. Coloque limites na definição de espaço para estacionamento, tendo sua localização e quantidade analisada para aprovação;
9. Aumente a densidade para otimizar o uso de capacidade das viagens, definindo valores mínimos e máximos;
10. Tenha lugares que incentivem o retorno, para criar laços da população com o espaço, tornando os ambientes ideais para voltar, e não apenas partir.

É importante compreender o adensamento urbano, promovido pelo TOD, como uma forma de garantir usuários para o sistema de transporte, deixando-o eficiente, e sustentável economicamente.

City (1992) e Arrington (2003) indicam que o planejamento da densidade deve respeitar as características locais, sendo estudada a partir da média dentro de uma vizinhança, considerando que o adensamento tende a variar entre áreas mais e menos rarefeitas. A compreensão da média é necessária para definir quanto um bairro pode crescer sem perder suas características locais e, a partir dessa incentivar e planejar o desenvolvimento socioeconômico da população.

2.2.2 Um motor de investimentos – O TOD nos Estados Unidos da América

O uso de sistemas TOD por comunidades dos EUA aumenta gradualmente, sendo determinado pelo direcionamento recebido no processo de decisão do órgão estadunidense de administração dos transportes públicos, a *Federal Transit Administration* (FTA). Obras de maior vulto necessitam de apoio financeiro público para serem executadas. Assim, o interesse em novos projetos de metrô leve (LRT) demanda mais linhas de financiamento (ARRINGTON, 2003; GENTRIFICATION, 2014; GENTRIFICATION, 2017).

A baixa disponibilidade de orçamento para transporte público, torna a análise e definição dos projetos mais minuciosa. A FTA delimita o uso do solo como um fator importante, para a determinação dos projetos selecionados, os quais serão recomendados ao financiamento público.

Os projetos considerados para investimento fazem parte do programa *New Starts*, e assim, devem incluir indicadores sobre os padrões atuais e futuros do uso do

solo local. O planejamento com sistemas TOD é indicado como referência desde as fases iniciais de estudo, por depender de investimento público, ou seja, a necessidade de retorno de capital, mediante crescimento econômico, define os projetos priorizados pela FTA e pelo Congresso dos EUA. A escolha de aplicação de sistemas TOD, por comunidades que submetem novos projetos, acaba sendo endossada por milhões de dólares em investimentos anteriores (CITY, 1992; TAKEN, 1996; ARRINGTON, 2003).

Alguns fatores, contidos em propostas de novos sistemas, são destacados como desejáveis para a escolha de projetos pelo órgão administrativo do transporte público, a FTA. São eles:

- As condições existentes e os impactos previstos no uso do solo na região antes e depois da implantação da proposta;
- A existência de políticas implementáveis e seu desempenho esperado, visando gerir o crescimento de áreas centradas nos corredores de transporte público;
- As tendências de apoio à revisão cuidadosa do zoneamento nas áreas de entorno, e as respectivas ferramentas disponíveis para implementação de políticas de uso do solo; e,
- A existência ou a previsão de instalações para pedestres e pessoas com mobilidade reduzida.

Os projetos de revitalização urbana ou reimplantação de sistemas de transporte se tornam aptos ao financiamento ao se adequarem aos fatores citados, porém, como novos projetos são encaminhados e avaliados rotineiramente, os padrões de qualidade tendem a aumentar e, consequentemente, o fator de exigência para planos futuros (ARRINGTON, 2003).

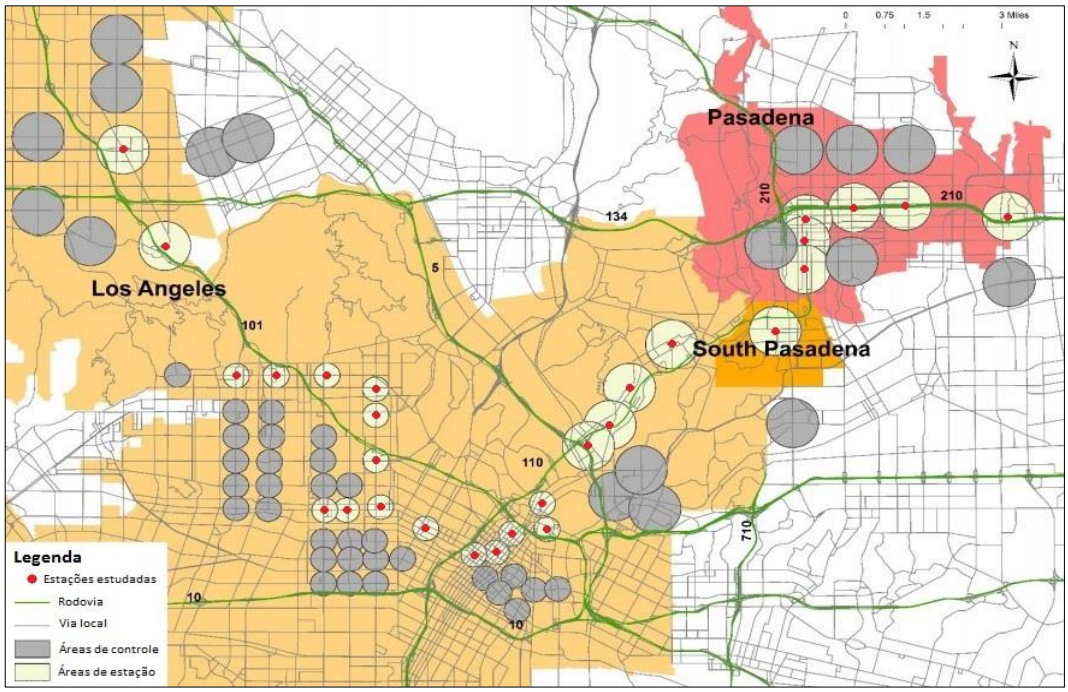
2.2.3 O controle do sistema TOD – Uma revisão sobre Los Angeles (EUA)

A verificação de mudança no adensamento e características econômicas do entorno de uma estação, onde o método TOD é aplicado, pode ser baseada na análise de parâmetros de controle. Esse, definidos como valores de imóveis e disponibilidade de postos de trabalho, antes e depois das intervenções.

Uma análise local desses parâmetros, anteriores ao encaminhamento de um projeto, pode indicar a potencialidade de investimento na obtenção de financiamento público, bem como, permitir o controle do impacto gerado na implementação do TOD. A definição de projetos priorizados pela FTA, busca indicadores econômicos que tendam a um retorno financeiro, como a valorização do uso do solo, ou o crescimento do mercado de trabalho (ARRINGTON, 2003; SCHUETZ et al., 2016).

Uma análise proposta por Schuetz *et al*. (2016), sobre as atividades no entorno das estações de transporte público ferroviário, para o Condado de Los Angeles no período de 1990 e 2010, observa as variáveis que caracterizam o mercado imobiliário e os postos de trabalho disponíveis. A partir deste levantamento, a pesquisa comparou 28 estações ferroviárias, com 48 áreas de controle (Figura 13). As áreas estudadas foram observadas em situações pré e pós-instalação, de acordo com a disponibilidade e características dos postos de empregos e, preço e tipo das moradias vendidas em cada área.

Figura 13 – Mapa das áreas de entorno de estação ferroviária e áreas de controle



Fonte: Traduzido de IS LOS ANGELES, 2016.

A identificação de áreas de controle, quando ocorre de forma plausível, auxilia na definição do impacto que uma nova estação de transporte pode causar na

economia local. Áreas que se assemelhem ao entorno das estações, em período anterior à instalação, possibilitam uma relação de análise do tipo Caso-Controle, como as áreas apresentas na pesquisa de Schuetz *et al*. (2016).

As áreas analisadas apresentam tendências similares de crescimento sem a implantação da estação, assim, é possível comparar a existência de influência específica do projeto de transportes, ou se faz parte de um processo de desenvolvimento orgânico (ARRINGTON, 2003; SCHUETZ *et al*., 2016). A análise é desenvolvida sobre critérios de distância, disponibilidade de emprego e custos imobiliários, podendo, também, ser exemplificada com o uso uma matriz matemática de critérios múltiplos. A escolha de áreas de controle para o estudo do Condado de Los Angeles envolveu os seguintes critérios:

- O centroide da área deve estar distanciado em, no mínimo, 800 metros (0,5 milha) de qualquer estação de transporte público ferroviário, para evitar influência direta;
- A área de controle deve estar englobada em um raio máximo de 4800 metros (3 milhas) de uma estação ferroviária, para garantir compartilhamento de características com o sistema, como proximidade de centros de emprego e educação;
- A localização do centroide da área de controle, deve ter definição similar à usada nas estações da linha de transporte. Por exemplo: estações que se encontram junto de cruzamentos de vias arteriais primárias e/ou secundárias, devem ter pontos de controle, também, em cruzamentos do mesmo padrão, ou seja, compartilhando ao menos um alinhamento viário com a estação estudada.

Para ambas as áreas, casos e controles, as variáveis chave para o levantamento imobiliário foram: o número anual de vendas residenciais; a porcentagem de unidades residenciais unifamiliares comercializadas; e, o preço por metro quadrado praticado nestas transações. A análise do número total de vendas, relacionada com a porcentagem de unidades residenciais unifamiliares permite uma relação sobre a densidade habitacional de cada local (SCHUETZ *et al*., 2016).

Para o levantamento de postos de trabalho, as empresas cadastradas que disponibilizam empregos formais tiveram as vagas quantificadas e qualificadas,

segundo suas características institucionais, comerciais, industriais ou de propósito diversificado (*miscellaneous*) (WHAT, 2015; SCHUETZ *et al*., 2016).

Schuetz *et al*. (2016) constatou que, as estações das linhas já haviam sido instaladas em locais de maior densidade de emprego e com moradias de característica multifamiliar. As mudanças observadas não foram significativas, inclusive, em parte do grupo de áreas Caso, houve um aumento da densidade de empregos após a inauguração das estações, porém, apenas no período entre 5 e 10 anos. As considerações sobre a pesquisa deixam em aberto a questão se este acréscimo ocorreu por influência das estações ou de um processo externo, sendo necessário um período maior de tempo para novas análises.

2.3 Que a gentrificação não ‘nos’ pegue desprevenidos

O termo gentrificação define-se como um processo de modificação das características econômicas e demográficas (socioeconômicas) de uma determinada vizinhança, comunidade ou bairro, em áreas centrais das cidades.

O processo se caracteriza por um histórico de desinvestimento público e privado, onde as comunidades de longa data são reformuladas de acordo com interesses imobiliários. A intenção é atrair residentes de maior renda e escolaridade, promovendo modificação na composição racial (aparência) e educacional da população (GENTRIFICATION, 2017).

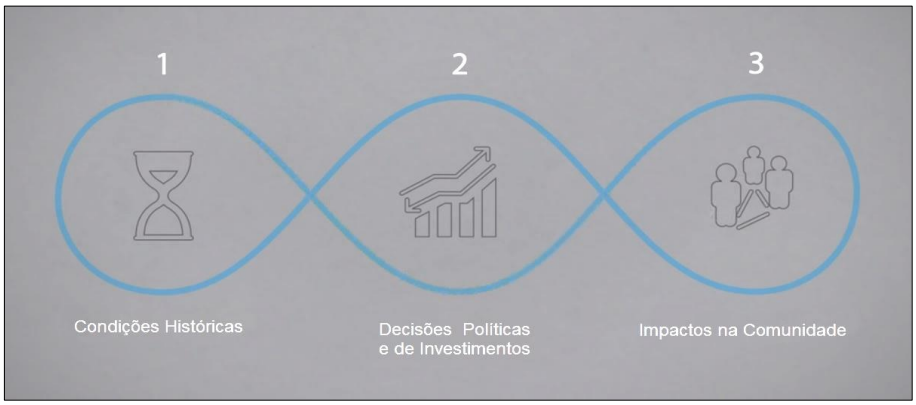
O uso na literatura do termo ‘*gentrification*’, ou gentrificação, vem crescendo consideravelmente, após ser cunhado em 1964 pela socióloga Ruth Glass. O termo representa o processo de elitização de espaços urbanos próximos as centralidades consolidadas e com maior disponibilidade de infraestrutura, como percebido por sua origem, da palavra ‘*gentry*’, ou elite/nobreza (GENTRIFICATION, 2014).

Ao longo do século XX, muitas práticas tornaram alguns bairros suscetíveis à gentrificação, conforme observado nos itens 2.1.3 e 2.1.4, deste capítulo (p. 33 e 36). Promovendo segregação das populações de baixa renda e, em sua maioria, não brancas, as vizinhanças com acesso facilitado à cidade e suas comodidades, são apossadas pelos ditos ‘investidores’ imobiliários, devido à proximidade do centro (GENTRIFICATION, 2014; GENTRIFICATION, 2017).

As vizinhanças próximas às centralidades, após sofrerem com as políticas de desinvestimento e rotulação, encontram-se em custos menores de metro quadrado para compra. De acordo com Gentrification (2014), a perspectiva de desvalorização torna os bairros desinvestidos propícios à futura aquisição e investimento por empresários integrantes do setor imobiliário. O reinvestimento ocorre conforme as intenções desumanas do sistema de consumo, visando apenas lucro com a promoção do deslocamento de populações sensíveis.

Ao observar o gráfico sobre o ciclo que compõe o processo de gentrificador (Figura 14), a influência das condições históricas, definidas por fatores socioeconômicos e raciais, tornam as comunidades suscetíveis ao desinvestimento. Esse processo promove impactos particulares a cada comunidade, reforçando o estigma econômico de segregação, o qual, por sua vez, perdura o esquecimento governamental e mostra o caráter intencional desse desinvestimento histórico, como um ciclo retroalimentado (GENTRIFICATION, 2017).

Figura 14 – Pontos chave para compreender a gentrificação



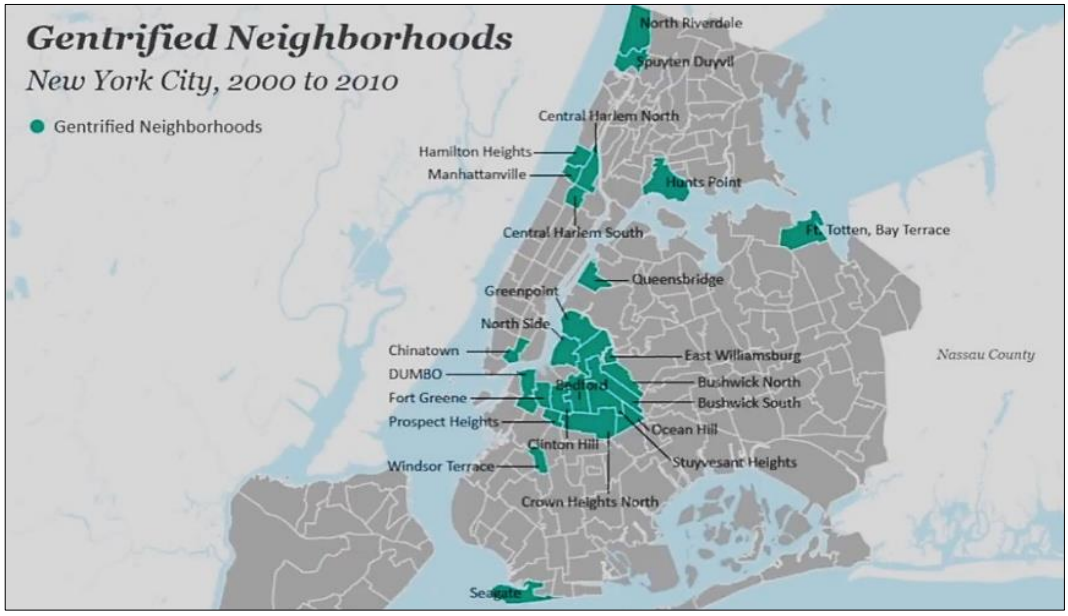
Fonte: GENTRIFICATION, 2017.

Na perspectiva estadunidense, os impactos seguem moldes similares, afetando fortemente regiões de população não branca. A cidade de Nova Iorque (EUA), como observado na Figura 15, apresenta bairros próximos às centralidades (distrito financeiro e aeroportos) que sofrem com o processo de gentrificação, onde populações de origem negra, latina e de outras minorias étnicas são deslocadas, possibilitando espaço aos interesses da especulação imobiliária (WHAT, 2015).

Os bairros assinalados se desenvolveram com predominância de populações negras e latinas, porém é necessário compreender que este desenvolvimento nos

EUA é decorrente do processo de suburbanização, com a transferência de famílias brancas para o subúrbio, como citado no item 2.1.4 deste capítulo (p. 36).

Figura 15 – Bairros gentrificados na cidade de Nova Iorque (2000-2010)



Fonte: WHAT, 2015.

O estigma de áreas ruins para investimento, por maior população não-branca e da classe trabalhadora, às mantiveram protegidas da especulação imobiliária até a atualidade, sofrendo o processo de gentrificação na primeira década dos anos 2000 (WHAT, 2015; GENTRIFICATION, 2017).

What (2015) relaciona a busca de moradia próxima ao núcleo urbano consolidado, feita pelas gerações descendentes dos subúrbios, com a falta de infraestrutura destes bairros projetados. A especulação imobiliária volta seus olhos para as áreas desinvestidas, antes ideais apenas para criação de rodovias e acessos, agora priorizadas para o reinvestimento e alteração da composição populacional.

O uso da infraestrutura de transporte pode ser uma ferramenta lucrativa, ao ser aplicada, nefastamente, como um ponto de atratividade aos novos residentes (*gentrifiers*), pois envolve volumes consideráveis de dinheiro público para grupos que gerem o sistema de consumo. Bairros com tendência de gentrificação são conduzidos a um reinvestimento em infraestrutura de transporte, para reforçar o deslocamento de populações históricas, e a substituição pela população de maior poder econômico (TAKEN, 1996; GENTRIFICATION, 2014).

Deve-se considerar que o processo de gentrificação liga-se, diretamente, ao desinvestimento em serviços de transportes públicos, ou seja, o sucateamento e a retirada dos bondes. Após iniciado nos EUA, a tendência de substituição dos sistemas sustentáveis ferroviários de passageiros por ônibus e automóveis, foi espalhada globalmente com a propaganda de modernidade (TAKEN, 1996).

A Figura 16 ilustra a reação da população de longa data em áreas de recente processo de gentrificação, como a cidade de Montevidéu (Uruguai). Um grafite-convite exemplifica a necessidade de interação com a vizinhança, para que a população entenda o processo em discussões comunitárias.

Figura 16 – Grafite-convite sobre gentrificação no Bairro *Ciudad Vieja*, em Montevidéu.

Fonte: VIEIRA, 2019.

A cidade de Montevidéu sofre com uma onda gentrificadora do tipo ‘*drive until qualify*’, em tradução livre, ‘dirija até onde puder pagar’, movimento onde as populações de longa data precisam se afastar dos centros, para encontrar residências com valores acessíveis, devido à elevação dos custos imobiliários (GENTRIFICATION, 2014; WHAT, 2015).

A América do Sul passa por uma onda gentrificadora sustentada pelo sistema econômico, promovendo higienização de bairros centrais em cidades com potencial turístico. O higienismo social propõe o deslocamento de populações de baixa renda, vistas inicialmente como vetores de doenças, para oferecer melhores condições sanitárias em áreas destinadas ao consumo pelas classes econômicas privilegiadas, caracterizando um movimento promotor de desigualdade (WHAT, 2015).

O processo gentrificador em países do sul global, onde a desigualdade de renda tende a ser menor, ocorre de forma contrária a grande parte dos países do norte, onde a gentrificação é movida por populações com maior poder aquisitivo em busca de acesso à infraestrutura urbana (WHAT, 2015; GENTRIFICATION, 2017).

CAPÍTULO 3. O planejamento do transporte público urbano

O terceiro capítulo consiste na segunda parte do referencial teórico, apresentando uma parametrização de eficiência em transporte coletivo, com o intuito de otimizar o planejamento do transporte público urbano de passageiros.

A importância do desenvolvimento de um estudo sobre a malha viária e a segurança do pedestre na cidade, vem demonstrar a necessidade de pensar a mesma em micro e macrozoneamento. A discussão da eficiência dos modos de transporte pode vir a permitir um olhar mais humano sobre a escala de urbanização.

3.1 A cidade e o paradigma da escala humana

A importância da construção de um espaço caminhável e ciclável garante segurança e atratividade, para que mais pessoas se apropriem do ambiente urbano. A mudança de escala intraurbana alterou as dimensões dos quarteirões, permitindo maiores velocidades, e reduzindo a segurança dos pedestres (THE GENERAL THEORY, 2014; SPECK, 2016).

A modificação das quadras, além de cercear a liberdade de locomoção dos caminhantes, exigiu o aumento de largura da via carroçável, para suprir o espaço cortado da malha. Speck (2016) evidencia que a simples duplicação de comprimento em uma quadra, tende a aumentar a acidentalidade local em, aproximadamente, 4 vezes na área urbana.

A mudança de escala pode, diretamente, modificar a acidentalidade. Segundo Silveira (2016), um modelo tridimensional de acidentalidade (Figura 17a) pode permitir a visualização da necessidade de intervenções no planejamento do ambiente viário. A diminuição da ocorrência de acidentes se relaciona com a interação entre três fatores: risco experimentado pelo usuário vulnerável (pedestre/ciclista); exposição

dentro do tráfego urbano (usuários vulneráveis por km); e, severidade, com as consequências do acidente (fatalidades pelo número de feridos).

Figura 17 – Análise tridimensional de acidentalidade.

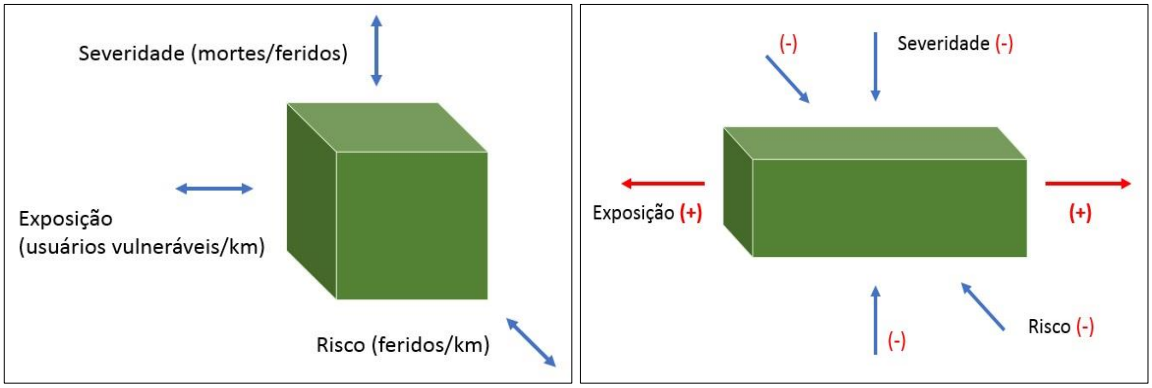


Fig. 17a Fig. 17b

Fonte: Elaborado a partir de SILVEIRA, 2016.

A modificação do modelo tridimensional ocorre similarmente a variação da deformação transversal em relação ao eixo horizontal, constante em um modelo de Poisson. Assim, modificar um eixo de análise afetará os demais eixos, buscando manter o volume original do modelo tridimensional.

Ao se trabalhar a proteção do usuário vulnerável, ou seja, aquele que não possui carenagem protetora, com medidas de contenção como modificações físicas no espaço viário e campanhas educativas, o fator de risco pode ser reduzido. De forma conjunta, a disponibilidade de equipamentos de segurança no ambiente e as melhorias no atendimento em casos de agravos à saúde, reduzem a severidade dos acidentes, como observado na Figura 17b (SILVEIRA, 2016; VIEIRA *et al*., 2016).

A modificação da exposição, ao conduzir mais usuários de mobilidade suave para a rua, reduz o número de colisões dentro do espaço viário. O aumento do número de usuários vulneráveis exigirá maior cuidado direcionado a esses, seja por políticas públicas ou por hierarquia de respeito entre os modos. A variação do fator de exposição pode ser considerada pela transferência de usuários para o uso de bicicleta ou caminhada e, por consequência, promovendo um aumento no uso de transporte público (SILVEIRA, 2016).

Uma redução no número de viagens por veículos individuais motorizados reduz os congestionamentos, devido a mudança de priorização em um ambiente viário, onde

a preferência passa a ser do pedestre, tendo-se um aumento no padrão de segurança (WEI e LOVEGROVE, 2012; SILVEIRA, 2016; VIEIRA *et al*., 2016).

A modificação do comprimento das quadras, traz a necessidade de vias mais largas, com mais faixas unidirecionais, propiciando maiores velocidades para os carros, como é o caso do sistema de vias binárias. Esse tipo de sistema dá ao motorista a sensação de preferência dentro da mobilidade da cidade, criando um tipo de rodovia urbana, imersa na cidade.

A velocidade não é interessante para a segurança dos usuários vulneráveis, sendo necessário intervir na disponibilidade de espaço para o carro. No último século, o transporte individual motorizado tem aumentado seu lugar dentro da malha viária, porém, a taxa de aproveitamento desse espaço é baixa, uma vez que a capacidade total de pessoas transportadas tende a ser de uma pessoa por veículo (THE GENERAL THEORY, 2014; VIEIRA *et al*., 2016).

Speck (2016) promove uma análise sobre a área central de Oklahoma City (EUA), observando que as vias, prioritariamente, unidirecionais apresentam subaproveitamento, com menos de dez mil veículos trafegando diariamente por via. Tendo a cifra de dez mil veículos individuais como volume total diário comportado por uma via bidirecional, com dois sentidos.

O caso de Oklahoma City apresentou vias, em média, 50% abaixo da capacidade diária disponível. Assim, há a necessidade de repensar o uso do espaço, permitindo melhor aproveitamento deste, pois no caso de vias unidirecionais o subaproveitamento fica comprovado (THE GENERAL THEORY, 2014).

Para o carro, o uso de vias unidirecionais tende a aumentar a velocidade, assim, Speck (2016) indica a mudança de via unidirecional, para bidirecional, garantindo permeabilidade e liberdade ao veículo, bem como, proteção do pedestre. As vias bidirecionais, quando dispostas em uma malha tradicional (Figura 18a), apresentam maior permeabilidade, simplificando a locomoção por mobilidade suave, ao mesmo tempo que garante acesso ao automóvel (WEI e LOVEGROVE, 2012).

Malhas viárias pensadas na proteção do usuário, hierarquizando as vias em arteriais, coletoras e locais, buscam distribuir as viagens quanto a priorização de mobilidade, ou por priorização de acessibilidade com vias locais. A continuidade da pesquisa de Wei e Lovegrove (2012) nos EUA, constatou a possibilidade de adaptação de uso das malhas viárias convencionais estadunidenses (Figura 18b), com presença de ruas sem saída, *culs-de-sac*. A otimização das malhas pode ser

obtida priorizando a liberdade de locomoção do pedestre dentro da cidade, garantindo permeabilidade por uma fusão do modelo tradicional com o convencional estadunidense.

Figura 18 – Modelo de malhas de proteção ao usuário vulnerável.

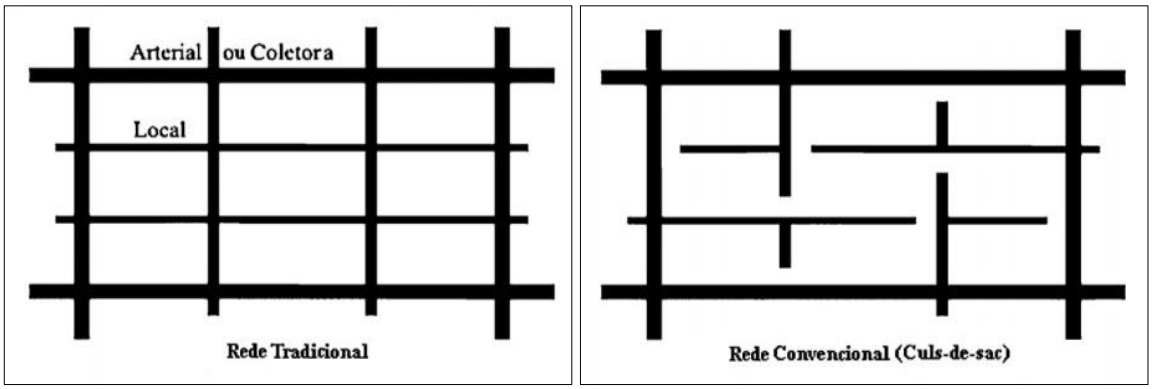


Fig. 18a Fig. 18b

Fonte: Adaptado de WEI e LOVEGROVE, 2012.

Com o intuito de promover um espaço compartilhado, não é necessário o uso de ruas sem saída, o qual limita a mobilidade por carro dentro de vias locais. No entanto, é necessário compreender que o automóvel é apenas um convidado dentro deste espaço, devendo seguir velocidades que protejam os pedestres. O automóvel se locomoverá respeitando o fato de que a cidade ideal foi pensada para a escala humana (ARRINGTON, 2003; BRASIL, 2010; WEI e LOVEGROVE, 2012).

3.1.1 O uso do solo e o zoneamento misto

Um espaço promotor de escala humana, segundo Speck (2016), se relaciona com um planejamento de qualidade da mobilidade suave. O ambiente da via deve propiciar balanço de usos do solo, garantindo motivação para se locomover.

O balanço compreende a existência de uma diversidade de opções entre serviços, comércio, lazer, os quais atraem o usuário para a rua. Pode ser observada, nas Figura 19a e 19b, a existência dos mesmos elementos componentes, onde a principal diferença entre estes cenários é a escala. A variação pode ser observada

com a comparação entre um raio equivalente, destacando uma área de influência circular, em cada imagem (THE GENERAL THEORY, 2014; SPECK, 2016).

Figura 19 – Relação entre zoneamento em escala rodoviarista e em escala humana.

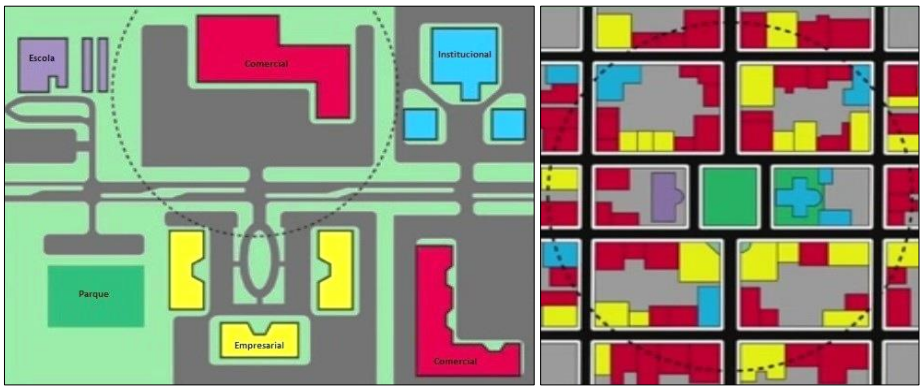


Fig. 19a Fig. 19b

Fonte: Traduzido de THE GENERAL THEORY, 2014.

A escala rodoviarista (Figura 19a) apresenta grandes áreas monotípicas, onde a locomoção a pé é desfavorável. Ao aproximar as edificações comerciais, educacionais, institucionais, empresariais e espaços abertos, a centralidade permite locomoção facilitada, amigável ao pedestre, valorizando a área de influência (THE GENERAL THEORY, 2014).

O zoneamento com uso misto do solo, além de evitar as grandes extensões de área monotípica, permite uma revitalização do espaço da rua, pois conduz mais pessoas ao convívio urbano. Como citado por Jacobs (1961), uma cidade interessante protege e acolhe as pessoas ao trazer usos mistos no interior da quadra. A segurança se relaciona com a presença de sinais de humanidade, ou seja, mesclando serviços, comércio e moradias em uma mesma via.

Speck (2016) complementa ao afirmar que uma revisão do uso do solo, para uma perspectiva mista, deve ser pensada, não só de forma horizontal, mas também verticalmente, com usos variados em diferentes pavimentos da mesma construção. Um exemplo seria o investimento, cada vez maior, em fachadas ativas[13], por cidades que buscam revitalização do espaço na atualidade.

[13] Fachada ativa: (*s.*) política urbana que promove o uso comercial dos pavimentos térreos em edificações residenciais e empresariais.

Uma cidade adequada à mobilidade suave, com vias de baixa velocidade e preferência aos usuários vulneráveis, pode tornar uma caminhada ou pedalada interessante, reforçando a escala humana, aproximando a cidade das pessoas. A comparação das Figura 20a e 20b, deixa perceptível como os sinais de humanidade levam as pessoas a ocuparem o espaço da rua (THE GENERAL THEORY, 2014).

Figura 20 – (a) Perspectiva de escala humana e, (b) escala não humana.

Fig. 20a

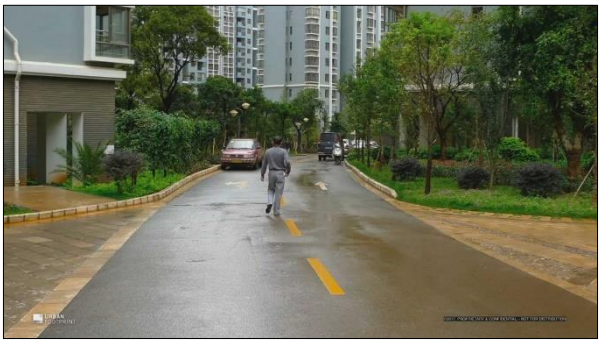


Fig. 20b

Fonte: 7 PRINCIPLES, 2017.

Um lugar que não propicie a escala do pedestre, cria uma condição não humana, como evidenciado na Figura 20b, onde a compreensão do termo ‘usuário vulnerável’ fica clara, com a exposição que este recebe em um espaço que não é pensado para o mesmo.

Um ambiente hostil ao pedestre não apresenta atratividade e oferece baixa segurança, já que a inexistência de conforto produz, inclusive, difícil orientação dentro do espaço. Dessa forma, a cidade acaba se tornando estranha e desinteressante à vida do indivíduo responsável pela sua produção (7 PRINCIPLES, 2017).

A modificação de escala da cidade, como evidenciada pelo histórico, gera uma demanda induzida, pois promove a mudança na perspectiva de mobilidade dentro da malha urbana. A mudança de um modo de transporte para outro pode ocorrer por investimento ou desinvestimento, por exemplo, o sucateamento do sistema de bondes, o qual induziu a procura por uma solução, resultando na participação mais marcante, mais consistente, do automóvel (TAKEN, 1996; SPECK, 2016).

Em um sistema de transporte coletivo, não atender a demanda com qualidade incentiva, aos usuários, a busca por soluções de mobilidade individual motorizada. A demanda de mobilidade urbana, sempre que possível, deve ser quantificada por estudo específico, com entrevistas e análise da perspectiva de transferência modal,

ou seja, a mudança de um modo de transporte para outro (BRASIL, 2013; THE GENERAL THEORY, 2014; VIEIRA *et al*., 2016).

3.2 Pensando o modo de transporte

A necessidade atual de repensar a escala do planejamento urbano vem se mostrando mais complexa, devido a insustentabilidade do paradigma do automóvel. Em cidades grandes, o aumento da poluição, principalmente em horários de pico, e o uso exagerado do espaço por um veículo de transporte individual com carenagem, tornam mais visível a questão da má gestão do espaço urbano (SPECK, 2016).

A cidade de São Paulo, por exemplo, com sistema de transporte público deficitário e uma grande frota de automóveis, faz uso da alternância diária de placas para minimizar os congestionamentos.

O uso de mobilidade voltada ao pedestre é um assunto evidenciado pela academia, pois promove um espaço mais seguro e atrativo, assim, repensar o transporte público de passageiros é vital. Em uma investigação sobre planejamento urbano voltado ao transporte público, observar como os transportes humanos se classificam, se faz necessário para compreender as melhores escolhas modais, promovendo o uso racional do espaço (GTZ *et al*., 2008; SPECK, 2016).

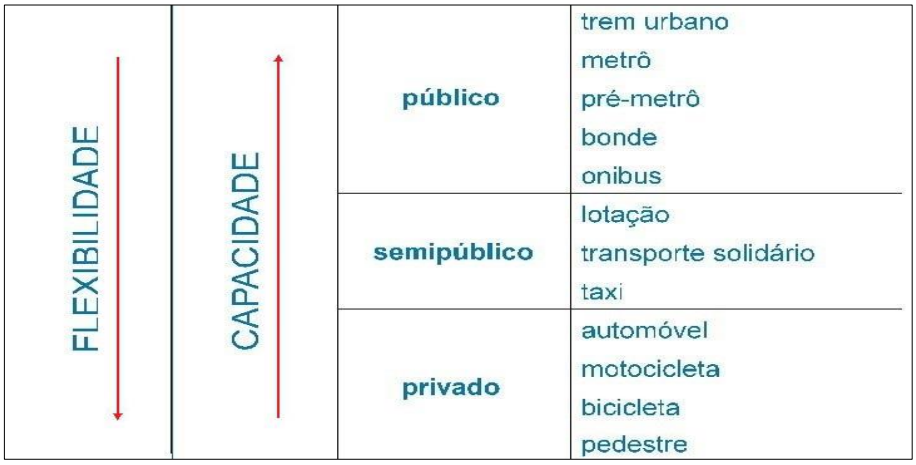
3.2.1 Classificação dos serviços de transporte

A classificação dos modos de transporte é condicionada pela capacidade de movimentação dos usuários, garantindo a otimização do volume de passageiros transportados por hora e por sentido (pass./h/sentido). O esforço de movimentação, em modos motorizados e não motorizados, e a flexibilidade devem ser analisados relacionando-os a capacidade de transporte estimada, segundo a tecnologia veicular de cada modo (FERRAZ e TORRES, 2004).

Os transportes urbanos, geralmente, ocorrem em meio terrestre e tem a classificação definida por modos, como pode ser observado na Figura 21. As

propriedades de capacidade e liberdade de uso (flexibilidade), definem os veículos em privados (individuais); semipúblicos; e, públicos (coletivos). A liberdade de uso em modos individuais, por exemplo, se caracteriza pela alta flexibilidade, permitindo itinerários e horários de viagem com maior liberdade e atendimento porta-a-porta (GTZ *et al*., 2008; VONK, 2013).

Figura 21 – Quadro relacionando a flexibilidade de viagens para modos de transporte terrestre e sua capacidade veicular.



Fonte: Adaptado de VONK, 2013.

A relação inversamente proporcional entre flexibilidade e capacidade é percebida em cada classificação modal, pois veículos com maior número de passageiros transportados por viagem, terão direcionamento de rota, reduzindo a liberdade. Os serviços semipúblicos, ou semiprivados como os alugados por aplicativo, variam a capacidade transportada, da mesma forma, em relação à flexibilização do trajeto, por exemplo, com vans e taxis (FERRAZ e TORRES, 2004; VONK, 2013).

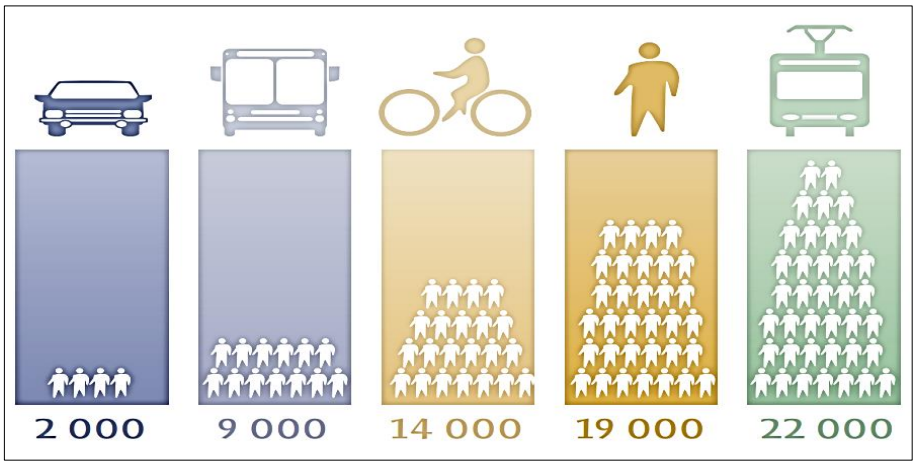
Ao se considerar o transporte simultâneo de passageiros, os serviços de transporte público, coletivo ou de massa, atendem itinerários de viagens similares, caracterizados por viagens regulares, indispensáveis e programáveis, ou seja, previsíveis. Estas viagens priorizam a comutação, ou locomoção rotineira entre dois pontos, oferecendo baixa flexibilidade (Figura 21).

Apesar de não possibilitar viagens porta-a-porta, os transportes coletivos oferecem menor custo unitário de transporte. Isso significa, que o maior índice de passageiros transportados por quilômetro viajado reduz o custo energético gasto para transportar cada usuário (FERRAZ e TORRES, 2004; GTZ *et al*., 2008).

Os percursos iniciais e finais de locomoção demandam o uso de outros modos para sua execução, na perspectiva conhecida como ‘última milha’ ou ‘último quilômetro’. O planejamento eficiente pode conduzir ao uso de mobilidade suave nestes trajetos, otimizando o gasto de energia e aproximando as pessoas de uma nova vivência urbana comunitária (FERRAZ e TORRES, 2004; VONK, 2013; VIEIRA *et al*., 2014).

Ao pensarmos o uso racional do espaço, a Figura 22 permite notar que modos suaves, mesmo com menor número de passageiros transportados por viagem, atingem um grande volume de capacidade total enquanto sistemas de transporte.

Figura 22 – Quadro quantitativo de passageiros transportados por hora, em diferentes modos, para uma via urbana unidirecional de 3,5m de largura.



Fonte: GTZ *et al*., 2009.

Os valores expressos nesse quadro são definidos para uma faixa viária padronizada em 3,5 metros de largura, informando o volume de passageiros transportados por hora e por sentido (pass./h/sentido). A capacidade total considera o menor intervalo entre veículos (*headway*), para uma velocidade máxima de fluxo livre, ou seja, sem formação de filas de congestionamento (GTZ *et al*., 2009).

Em vias urbanas, um maior volume de usuários transportados é atingido pelo uso racional do espaço, o qual relaciona a área utilizada, para o pleno funcionamento de um sistema de transporte, com a ocupação de cada veículo. Segundo Valente *et al*. (2016), a ocupação é definida pela densidade de passageiros no espaço útil de um veículo, expressa em passageiros por metro quadrado (pass./m^2). A qualidade do conforto experimentado pelos usuários considera densidades aceitáveis, como exposto a seguir, na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação do conforto do usuário em relação a densidade de ocupação para veículos de transporte coletivo

Ocupação (pass./m^2)	Qualidade
Menor que 1,5	Ótima
Entre 1,5 e 3,0	Boa
Entre 3,0 e 4,5	Regular
Entre 4,5 e 6,0	Ruim
Acima de 6,0	Péssima

Fonte: Adaptado de VALENTE *et al*., 2016.

Serviços de má qualidade, apresentam valores acima de 6,0 pass./m^2, considerados como péssimo. Em projetos de linha de transporte, a capacidade máxima interna dos veículos é calculada para uma densidade de 6 pass./m^2, porém, durante a operação, este valor pode ser ultrapassado facilmente, como as linhas do Metrô da cidade de São Paulo, que definem 8 pass./m^2, como padrão máximo aceitável (VIA QUATRO, 2008; VALENTE *et al*., 2016).

A ocupação do veículo é um aspecto que impacta, diretamente, no conforto relacionado ao transporte público urbano (TPU). Uma taxa maior de ocupação necessitará disponibilizar viagens curtas ao usuário, ou corre o risco de perder atratividade.

Ao considerar um transporte público rodoviarista (ônibus), deve-se lembrar que o mesmo divide a via com os veículos individuais motorizados, e dificilmente tem preferência sobre estes. Por isso, o transporte coletivo, para atender a cidade, conectando bairros, necessita trafegar com prioridade nas vias urbanas. A viagem rápida é garantida por vias segregadas e preferência nos cruzamentos (GTZ *et al*., 2008; VIEIRA *et al*., 2014).

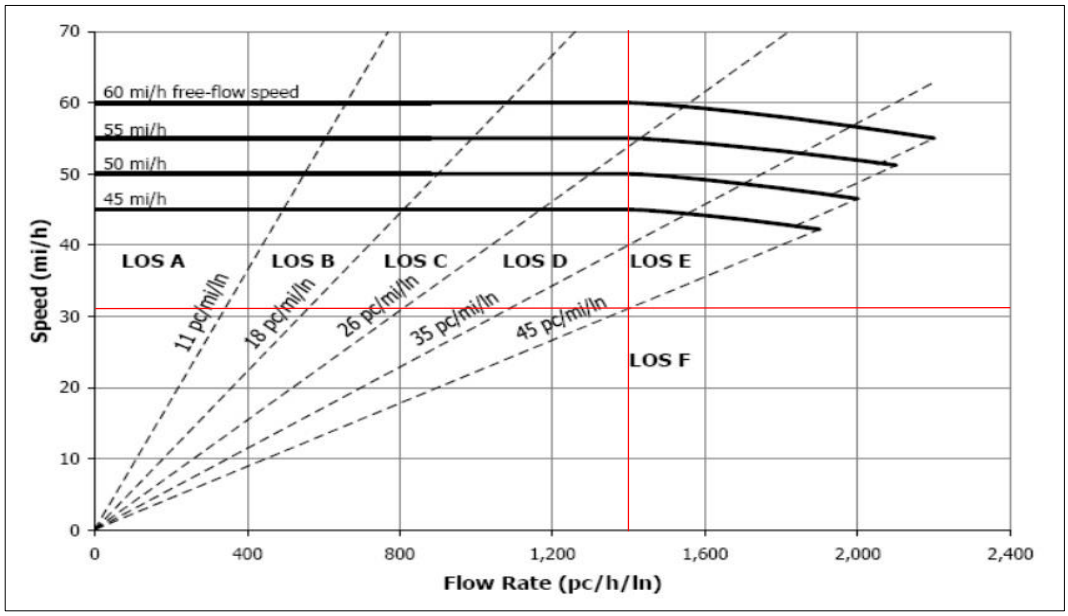
3.2.2 A mobilidade insustentável

A redução da velocidade de fluxo livre tende a impactar a capacidade total de uma via. A baixa ocupação do automóvel em relação ao uso do espaço viário, destaca a ineficiência desse modo. A área para locomoção, sem colidir com os demais carros, considera o comprimento médio do automóvel em 5 metros e o espaçamento

longitudinal de segurança entre veículos variável (*headway*), sendo maior que 30 metros (VALENTE *et al*., 2016).

O nível de serviço, ou '*level of service*' (LOS), considera os intervalos de densidade aceitáveis por velocidade, expressas em função do número de veículos por quilômetro sobre uma via unidirecional (veic./km/sentido). A Figura 23 mostra as seis classificações do LOS, de 'A' até 'F', onde o último representa a saturação da via, com a formação de filas (congestionamentos) (GTZ *et al*., 2009; TRB, 2010).

Figura 23 – Nível de serviço (LOS) para velocidade de fluxo livre em áreas urbanas, evidenciada a capacidade para velocidade estudada.



Fonte: TRB, 2010.

TRB (2010) define o nível de serviço 'E' para a velocidade máxima de fluxo livre em vias urbanas, compreendendo um intervalo de densidade que comporte valores até 45 *pc/mi/ln*, ou '*passanger cars/mile/lane*', convertido em 28 veículos/km/sentido. Para uma velocidade máxima de 50km/h, aproximadamente 31*mi/h*, a via urbana comporta capacidade de 1400 automóveis. Entretanto, essa velocidade máxima é considerada por fluxo livre, sendo, diretamente, afetada pelo número de cruzamentos, os quais reduzem a velocidade média e, por consequência, a capacidade total.

A ocupação dos veículos, em grandes cidades e regiões metropolitanas, atinge valores entre 1,0 e 1,5 passageiros por carro (GTZ *et al*., 2009). Assim, em uma situação ideal de uso, com o automóvel materializado no ícone de poder e liberdade

do sistema de consumo, a capacidade total de passageiros transportados por hora e por sentido, atingiria, no máximo, 2100 pessoas.

O trânsito urbano está longe de um fluxo ideal. Os inúmeros cruzamentos, constantes mudanças de velocidade e a interação natural das pessoas com a infraestrutura urbana, fazem parte de um ambiente diverso e compartilhado. O atendimento da mobilidade urbana focado em um modo de transporte individual motorizado é insustentável pela lógica de uso racional do espaço (JACOBS, 1961; SPECK, 2016). Assim, se faz necessária uma abordagem de outros modos de transporte, para atender com maior eficiência as viagens previsíveis dentro da matriz de mobilidade urbana.

3.2.3 O metrô leve – *Light Rail Transit* (LRT)

O sistema de transporte urbano por metrô leve é denominado *Light Rail Transit* (LRT), podendo ser traduzido como ‘Veículo Leve sobre Trilhos para Transporte de Passageiros’, e representa um conceito de transporte coletivo de média a alta capacidade. O metrô leve (LRT) caracteriza-se como uma variante ao trem metropolitano, ou metrô pesado, com infraestrutura menos complexa e substancial (SCHUMANN, 2012). Por não ser tão viável, devido ao custo de implantação, buscou-se focar em alternativas mais factíveis.

O conceito de metrô leve (LRT) possui capacidade de transporte menor, utilizando Veículos Leves sobre Trilhos (VLT), ou *Light Rail Vehicle* (LRV), em pista segregada e com priorização (ARRINGTON, 2003; SCHUMANN, 2012).

O material rodante pode ser considerado como o sucessor dos bondes, pois contém grandes melhorias no aspecto do conforto e ergonomia. Muitos serviços de transporte público urbano fazem uso de VLT em configurações variadas e boa capacidade. Alguns exemplos são os sistemas *tram*, francês/neerlandês; *eléctrico*, português; *streetcar*, estadunidense; ou de bondes, no Brasil. No entanto, para ser considerado um serviço de metrô leve (LRT), é preciso uma via segregada de alta performance (SCHUMANN, 2012; SMATLAK, 2012).

Os projetos atuais de sistemas LRT vem priorizando um retorno à rua. Não fazendo uso apenas de vias segregadas, mas garantindo a separação do trânsito

rodoviário mediante prioridade clara para o transporte coletivo. Assim, a escolha por material rodante tende ao uso de carros mais versáteis, com rebaixamento de assoalho, permitindo o uso sem uma estação vultuosa (Figura 24a e 24b). O rebaixamento do piso pode ser total ou apenas junto às portas centrais, dividindo as entradas em acessíveis (piso baixo) e comuns (com degrau) (SCHUMANN, 2012; SMATLAK, 2012).

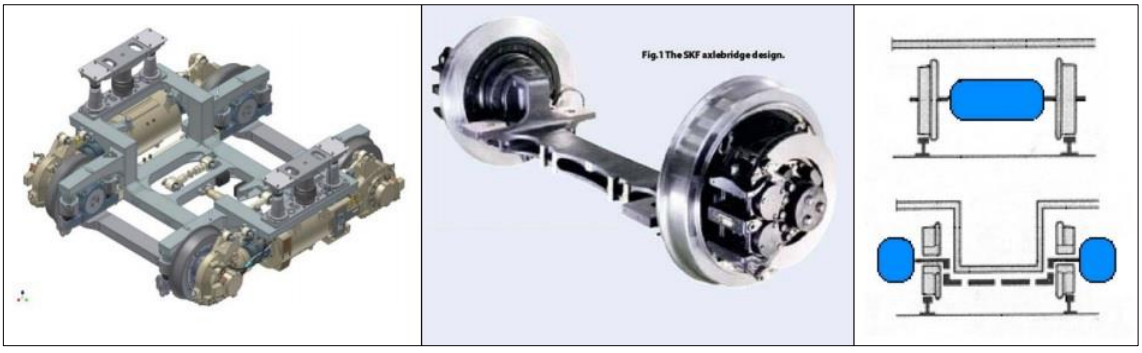
Figura 24 – (a) Estação LRT com plataforma baixa e, (b) VLT com piso baixo.

Fig. 24a Fig. 24b

Fonte: SCHUMANN, 2012.

As opções de veículo parcialmente rebaixado variam entre 50 e 70% do assoalho, com parte ou todas as portas acessíveis. Os veículos com essa particularidade podem atender o sistema com qualidade e maior interação com o entorno, devido ao sistema de eixo rebaixado (Figura 25), o qual permite utilizar a linha sem necessidade de estações vultuosas, podendo atender os usuários diretamente na rua (calçada).

Figura 25 – Eixo especial para VLT de assoalho rebaixado.



Fonte: SMATLAK, 2012.

Deve-se considerar que esta flexibilidade extra na altura do assoalho, mesmo permitindo ao veículo sair da área segregada e atender usuários junto às calcadas, tende à custos mais elevados. Para veículos com plataforma alta e assoalho alto (Figura 26a e 26b) a necessidade de estações delimitadas dificulta a participação do veículo junto à rua, sendo necessário o uso de plataformas específicas (SCHUMANN, 2012; SMATLAK, 2012).

Figura 26 – (a) Estação LRT com plataforma alta e, (b) VLT com piso alto.

Fig. 26a

Fig. 26b

Fonte: SCHUMANN, 2012.

A alimentação dos veículos, geralmente, é elétrica, podendo ser feita por fonte externa, ou por bateria interna, a qual encarece muito o valor do veículo. A estrutura externa pode fornecer energia à composição, carregando as baterias no veículo. Segundo Smatlak (2012), as principais formas de alimentação de veículos ferroviários ocorrem por um conjunto catenária-pantógrafo (Figura 27a), ou, alimentação terrestre por terceiro trilho eletrificado (Figura 27b).

Figura 27 – (a) Alimentação veicular por catenária-pantógrafo, (b) por terceiro trilho eletrificado.

Fig. 27a

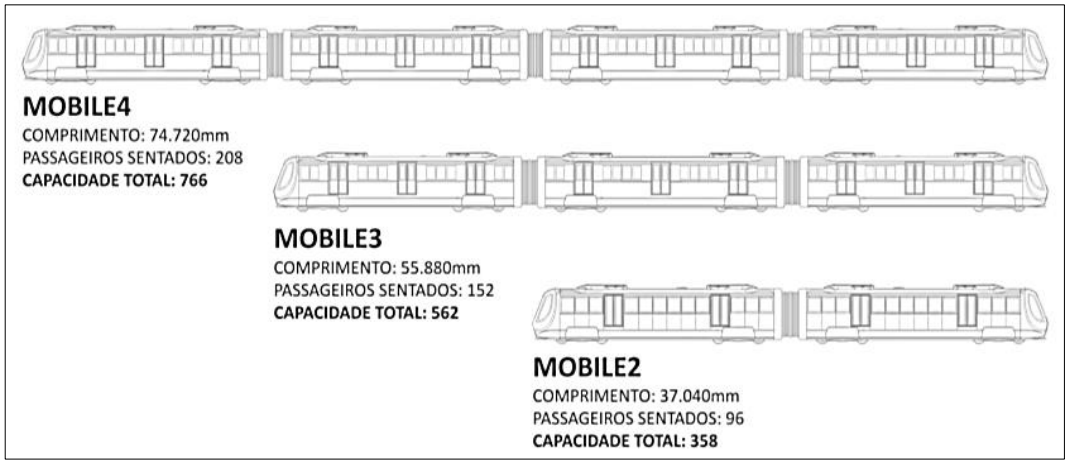
Fig. 27b

Fonte: SMATLAK, 2012.

O conjunto catenária-pantógrafo consiste em alimentação aérea por cabos e antena retrátil no veículo, sendo um modelo comum em sistemas consolidados, e, geralmente, de menor custo. Para áreas onde não é possível a alimentação aérea, o uso de terceiro trilho eletrificado, enterrado e disposto centralizado em relação aos trilhos de locomoção, surge como melhor opção (SMATLAK, 2012). Existe, também, uma classe de VLT denominada diesel-elétrico, ou '*Diesel Multiple Units*' (DMU). Este veículo pode operar em pista segregada, com prioridade de passagem (HENRY, 2012).

No Brasil, a empresa Bom Sinal, de Barbalha, no Ceará, produz veículos do tipo diesel-elétrico (DMU). O veículo é direcionado para serviço de metrô leve ou trem suburbano, em três capacidades totais, divididas em composições duplas, triplas ou quádruplas, com 358, 562 e 766 passageiros, respectivamente (Figura 28). Em comparação a um sistema metroviário pesado, na cidade de São Paulo composições sêxtuplas comportam 1530 passageiros, para a mesma densidade (BRASIL, 2013).

Figura 28 – Configuração das composições diesel-elétricas da empresa Bom Sinal



Fonte: Adaptado de BRASIL, 2013.

Pertencente, também, a indústria nacional, o Aeromóvel é um conceito de transporte idealizado pelo empresário Oskar Coester, consistindo em VLT operado em via totalmente segregada (Figura 29a), podendo ser utilizado como metrô leve (LRT) (COESTER, 2013). O Aeromóvel é propulsionado por jato de ar, em túnel de vento interno às vigas, por um sistema de 'velas invertidas' (Figura 29b), alimentadas por conjunto de bombas de ar e válvulas pneumáticas, do tipo 'puxa' e 'empurra', localizadas junto as estações, ou distanciadas segundo dimensionamento.

Figura 29 – (a) Sistema Aeromóvel em via elevada, (b) seção da viga com detalhe para a vela de propulsão.

Fig. 29a Fig. 29b

Fonte: COESTER, 2013.

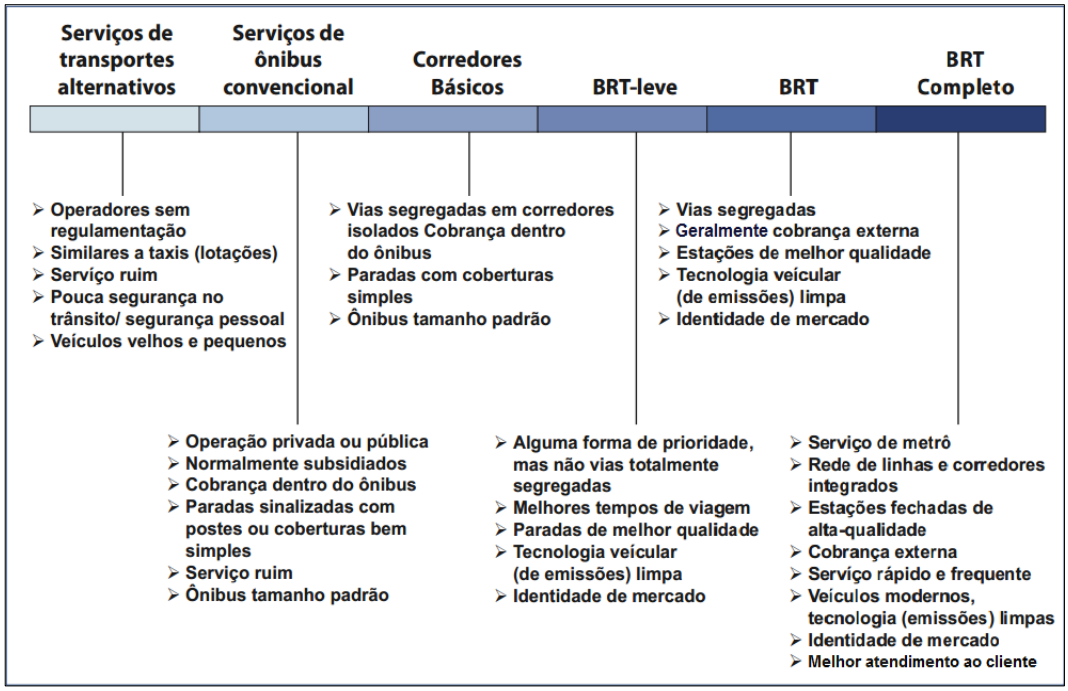
A operação de composições com até quatro veículos, possibilita um transporte mínimo de 150 e máximo de 600 passageiros, com ocupação de 6 passageiros por m^2. A desvantagem do modo elevado, é justamente a necessidade de via em superestrutura de vigas de concreto, com tendência a encarecer o projeto (COESTER, 2013; BRASIL, 2013).

3.2.4 A mobilidade ‘à brasileira’ – *Bus Rapid Transit* (BRT)

O conceito de transporte *Bus Rapid Transit* (BRT) é uma adaptação de sistemas de metrô leve (LRT), inclusive, mantendo sigla similar. Foi desenvolvido no Brasil, em 1974, na cidade de Curitiba, pelo arquiteto e então prefeito municipal, Jaime Lerner. O desenvolvimento da ideia se espelhava no programa *New Starts*, porém, corrompendo a ideia, ao investir em um sistema rodoviário de transporte (GTZ *et al*., 2008; VIEIRA *et al*., 2014).

O objetivo do sistema é a busca de similaridade a um sistema de metrô, com uso de ônibus, conhecidamente inferior ao bonde comum (GTZ *et al*., 2008). As linhas BRT utilizam Veículos Leves sobre Pneus (VLP), os quais apresentam menor capacidade, porém, imitando características dos sistemas de metrô leve (Figura 30).

Figura 30 – Quadro explicativo do espectro de qualidade dos transportes públicos sobre pneus.



Fonte: Adaptado de GTZ *et al*., 2008.

O serviço de médio desempenho do BRT, usa via segregada com prioridade de passagem, estações de melhor qualidade e cobrança externa, operando com frequência que garanta fluidez no transporte de usuários, dado o seu maior veículo comportar 260 passageiros (Figura 31a), em ocupação de 6 pass./m^2 (GTZ *et al*., 2008).

Figura 31 – Sistemas de BRT, (a) RIT de Curitiba com veículo de 260 passageiros e, (b) TransMilenio de Bogotá.

Fig. 31a

Fig. 31b

Fonte: GTZ *et al*., 2008.

O modo possui grande popularidade em projetos de mobilidade urbana na América do Sul e, principalmente, no Brasil, em relação aos serviços de ônibus comum, como pode-se observar na Figura 31b, o TransMilenio de Bogotá, um sistema de BRT Completo (GTZ *et al*., 2008).

No entanto, o serviço de transporte coletivo por BRT não deve ser confundido com um sistema de alta capacidade, pois a escolha de material rodante garante, apenas, a otimização perante um modelo rodoviarista (VIEIRA *et al*., 2014). Se faz necessário compreender que um modo de transporte de baixa capacidade, mesmo ao se utilizar de parâmetros componentes de um modo de alta capacidade (Figura 30, deste capítulo, p. 75), não atinge capacidades altas, sendo considerado apenas como média capacidade.

3.3 A garantia de eficiência

A escolha modal, quando não considerada a partir de uma abordagem de parâmetros de planejamento, pode gerar problemas no atendimento de uma linha de transporte. Sendo assim, para uma definição otimizada, serão abordadas questões técnicas relacionadas ao planejamento de transportes coletivos de qualidade, buscando parâmetros de eficiência na implantação de um ambiente acessível e denso, aproximando pessoas (ARRINGTON, 2003; SPECK, 2016).

3.3.1 Estruturação do transporte coletivo

Existem fatores técnicos de revisão necessária ao atendimento mais eficiente da demanda, na estruturação de sistemas de transporte público urbano (TPU). A distribuição espacial e a abrangência individual das linhas definem como o transporte interage com a cidade (FERRAZ e TORRES, 2004).

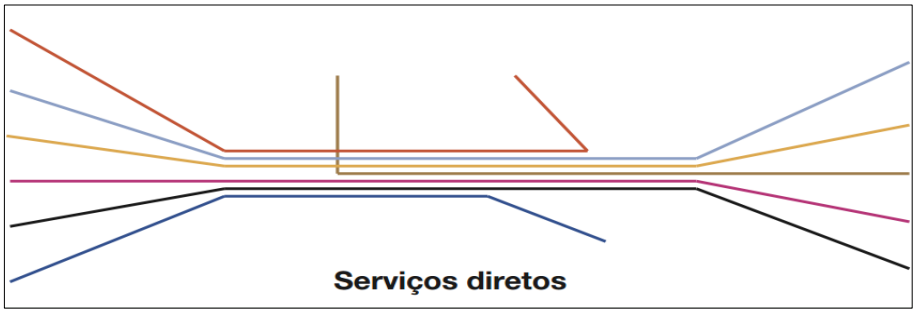
A divisão do atendimento da cidade é definida de acordo com a sua disposição horizontal, com linhas e rede se adequando a malha viária, preferencialmente, buscando a maior eficácia do sistema.

Ao se trabalhar linhas e redes de transporte, a disposição destas, quanto a sua estrutura na matriz viária, permite classificação do serviço nas diversas áreas da mancha urbana. Em relação ao distrito central, as linhas podem se desenvolver no sentido radial, em ligações bairro-centro; circular, atendendo as regiões centrais, locais e/ou serviços interbairros como circuitos; e, diametral, com serviços bairro-centro-bairro (FERRAZ e TORRES, 2004).

As redes criadas a partir da interação dessas linhas se desenvolvem em sistemas simples, radiais ou diametrais a uma área central; em grelha, com a interação em malha e interações em pontos diversos; ou com sistemas tronco-alimentados, dispostos conforme as duas tipologias anteriores, incluindo apenas os serviços alimentadores do tipo vai-e-vem, de polos de gerações de viagem ao eixo principal de transporte (FERRAZ e TORRES, 2004; GTZ *et al*., 2008).

A forma escolhida para o atendimento urbano, pertinente a uma matriz viária local, pode enfatizar o desenvolvimento de uma região. A superposição de linhas convencionais, geralmente, ocorre em sistemas de transporte público (Figura 32). Inclusive, serviços troncais podem dividir uma mesma via, cabendo a análise quanto a eficiência destes corredores, a interação modal e, evitando a concorrência e subutilização.

Figura 32 – Esquema representativo de serviços diretos.

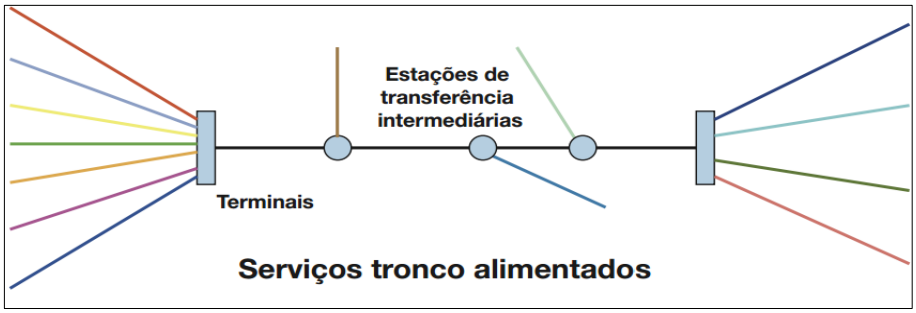


Fonte: Adaptado de GTZ *et al*., 2008.

Em cidades médias e grandes, onde um número expressivo de atendimentos utiliza as vias de maior capacidade, sobrepondo-se, a matriz de mobilidade fixada no modo rodoviarista, acaba engessando a disponibilidade viária de transporte. O planejamento, ao visar a eficiência no transporte de passageiros, pode utilizar o serviço tronco-alimentado como alternativa ao atendimento das regiões de interesse em comum, como o centro ou corredor urbano (GTZ *et al*., 2008).

Os serviços troncais permitem maior capacidade e frequência, ao conectar duas partes da área urbana com preferência de serviço, e substituindo as diversas linhas concorrentes a uma mesma via (Figura 33). Ao se utilizar um serviço exclusivo e segregado de transporte de passageiros, recolhendo e distribuindo usuários pelo sistema de transporte, aumenta-se a qualidade do serviço para a demanda existente e futura (FERRAZ e TORRES, 2004; GTZ *et al*., 2008).

Figura 33 – Esquema representativo de serviços tronco-alimentados.



Fonte: Adaptado de GTZ *et al*., 2008.

A comparação entre as figuras Figura 32 e Figura 33, exemplifica a substituição de um serviço com linhas diretas sobrepostas em uma linha tronco-alimentada. Pode-se observar que os serviços diretos aparecem particionados, onde cada um dos seus itinerários originais passa a integrar pelo menos três trechos diferentes. Ao particionar as linhas diretas, obtêm-se, além de uma linha troncal no trecho principal de interesse dos demais serviços, linhas alimentadoras de terminal e intermediárias, as quais se atribui o atendimento local, fora do trecho de interesse comum (GTZ *et al*., 2008).

3.3.2 A importância da variável ‘tempo’

A substituição de uma viagem direta por um sistema de trechos com baldeação (troca de veículo) parece desinteressante. A transferência de usuários de um sistema para outro pode apresentar falhas, principalmente, com a dificuldade em conduzir uma pessoa que está acostumada a usar uma linha direta, um serviço quase porta-a-porta de sua casa ao trabalho, para um sistema complexo de transporte (VIEIRA *et al*., 2014; SILVEIRA, 2016).

O funcionamento da transferência dependerá da atratividade da viagem, a qual deve estar baseada na variável ‘tempo’ (SILVEIRA, 2016).

Segundo GTZ *et al*. (2008), a otimização dessa variável apresenta vantagem na substituição de serviços diretos por um serviço troncal, o qual tem preferência de passagem dentre os modos de transporte disponíveis, além de um menor intervalo entre veículos (*headway*) no corredor de transporte. Geralmente, os serviços convencionais não são priorizados, onde os ônibus costumam dividir o tráfego urbano com os demais veículos. O transporte coletivo sujeito ao tráfego comum fica, também, sujeito aos congestionamentos e a perda da capacidade, rotineira dos horários de pico.

Toda forma de aumentar a preferência do transporte público urbano e otimizar ao máximo esta variável é válida e necessária, principalmente, em consideração a um sistema de mobilidade voltado à escala rodoviarista e, por consequência, à priorização de viagens rotineiras individuais e motorizadas (FERRAZ e TORRES, 2004; SILVEIRA, 2016).

A taxa aceitável de variação entre o tempo de viagem por carro e o tempo por transporte público, para Ferraz e Torres (2004), deve ser menor ou igual a 1,5. Assim, todo acréscimo de tempo maior que 50%, em relação à locomoção por automóvel, tira a atratividade do modo coletivo, reduzindo a viabilidade e conduzindo os usuários à busca por soluções de transporte individual motorizado.

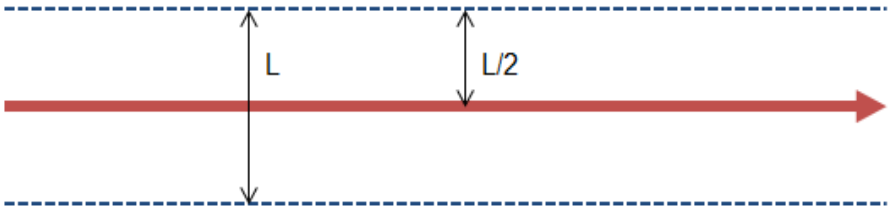
3.3.3 A abrangência de um eixo de transporte

Definido o atendimento do eixo de interesse em uma linha troncal preferencial, se faz necessário observar a abrangência da linha, por ser um fator importante em linhas convencionais e troncais. A cobertura de um corredor de transporte depende da demanda atendida em uma distância acessível à estação, além da frequência entre veículos (FERRAZ e TORRES, 2004; VIEIRA *et al*., 2014). Para o fator acessibilidade, uma rede de mobilidade suave pode permitir caminhadas rápidas, seguras e confortáveis, contribuindo no sucesso do corredor.

Segundo Ferraz e Torres (2004), para uma linha com área de cobertura de largura L, adequada a demanda local, a abrangência atenderá usuários em uma

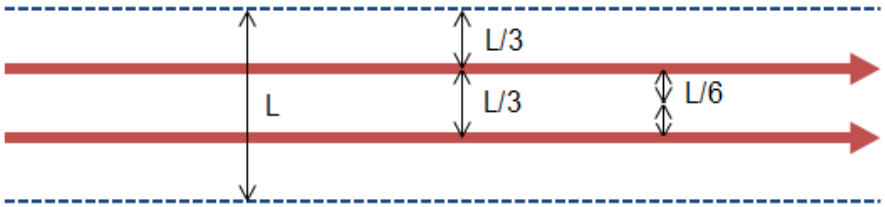
distância de caminhada L/2 para cada lado do eixo (Figura 34). Ao se utilizarem outras linhas paralelas, a área de cobertura passa a ser função do espaçamento entre estas, reduzindo o alcance da primeira linha, diminuindo a demanda atendida e a abrangência de cada linha (Figura 35).

Figura 34 – Abrangência da linha.



Fonte: Adaptado de FERRAZ e TORRES, 2004, por VIEIRA *et al*., 2014.

Figura 35 – Abrangência em linhas paralelas.



Fonte: Adaptado de FERRAZ e TORRES, 2004, por VIEIRA *et al*., 2014.

Ao comparar as figuras Figura 34 e Figura 35, é possível notar que a abrangência, quando dividida em linhas paralelas que não respeitem a largura mínima L, pode reduzir a demanda possível de atendimento do eixo. Ao considerar este fator e visando a otimização do alcance da linha, a definição de um espaçamento mínimo, referenciado pela garantia de acessibilidade ao sistema de transporte e interação com a mobilidade suave, deve ser abordada.

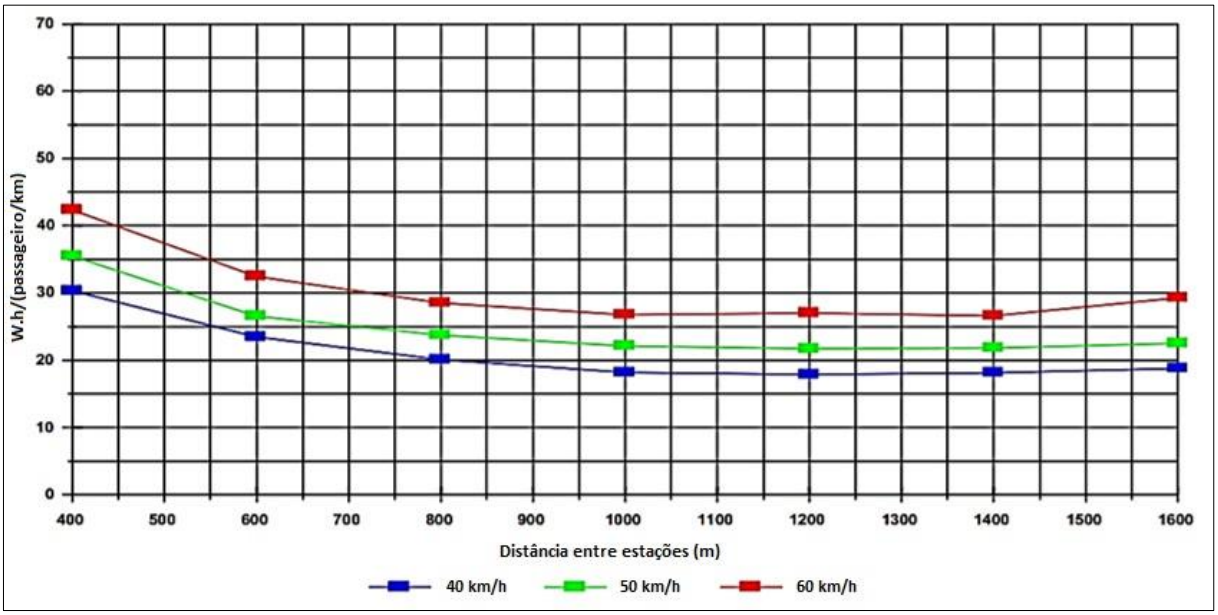
Uma estação ou terminal de transporte, em distância confortável de caminhada, 400 e 800 metros segundo o sistema TOD, é percorrível em 6 e 12 minutos, respectivamente. Assim, permite atender à exigência de espaçamento entre linhas, garantindo atratividade para o serviço de transporte público (ARRINGTON, 2003; FERRAZ e TORRES, 2004).

3.3.4 O gasto energético

Para cada modo de transporte, é definido uma curva de consumo de energia do veículo por passageiro/km, dada em função de uma distância razoável entre as estações (COESTER, 2013; VALENTE *et al*., 2016; VIEIRA, 2018).

Em um exemplo para o sistema Aeromóvel, um modo extremamente leve (Item 3.2.3 deste capítulo, p. 70), o espaçamento ideal está indicado entre 1000 e 1400m (Figura 36).

Figura 36 – Quadro de consumo de energia por passageiro/km



Fonte: COESTER, 2013.

Abaixo de 800m, a eficiência energética tende a uma redução considerável, ficando bastante prejudicada próxima à 400m. Para este sistema ferroviário, a partir de 800m a variação é baixa, sendo aceitável como distanciamento entre estações. Isto ocorre, devido a distância em velocidade de cruzeiro permitir ao veículo um aumento na sua taxa de economia. Em trechos muito curtos, o veículo passa mais tempo acelerando e desacelerando, aumentando o consumo (ARRINGTON, 2003; COESTER, 2013).

Observando a linha em sua totalidade, a distância de ida ou de volta, percorrida no trajeto e relacionada com a soma dos tempos, define a velocidade média que o

veículo se move entre terminais. Este valor pode ser obtido em função da variação de distância percorrida (ΔS) em um intervalo de tempo (Δt), $V = \Delta S/\Delta t$. Definindo um valor inferior à velocidade de cruzeiro experimentada entre as estações, por contabilizar os diversos trechos parados e em movimento para trajetos com prioridade, como observado por um gráfico real de locomoção (Figura 37a).

A priorização do transporte público é necessária para obter velocidades médias maiores. Um número elevado de cruzamentos, afetará negativamente o serviço, aumentando drasticamente o tempo de ciclo e reduzindo a eficiência (VIEIRA, 2018).

Figura 37 – Perspectiva de um (a) gráfico real de locomoção e, um (b) gráfico de trecho típico entre estações.

Fig. 37a

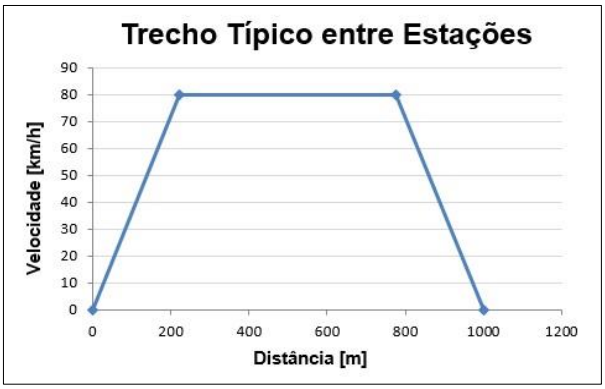


Fig. 37b

Fonte: VIEIRA, 2018.

A variação de velocidade ao longo de distâncias de aceleração, velocidade de cruzeiro e de desaceleração, podem descrever um gráfico (Figura 37b) de trecho típico entre estações. Neste, é possível observar a variação constante nos trechos de acréscimo e decréscimo de velocidade. Inclusive, possibilitando diferenciação e análise em casos de frenagem de emergência ou relevos acidentados. O gráfico permite, também, a visualização e compreensão do trecho em velocidade de cruzeiro, ideal para redução dos tempos de ciclo por priorização, e que age diretamente na economia de energia do veículo (VIEIRA, 2018).

Os sistemas de transporte público, também, geram desgaste na infraestrutura necessária a sua locomoção. Para o trem, a relação de distribuição de carga é feita pelo contato roda-trilho em sistemas ferroviários, onde a consideração do conjunto carril-dormentes pode ser determinada como uma viga sobre base elástica, tende a uma distribuição mais uniforme da carga do veículo.

O vagão possui um conjunto de eixos de roda (truque), o qual distribui a carga no contato com o trilho, e deste, para os dormentes. Como a distância entre os dois eixos varia de 1,5 a 2,2m, e a distância entre os dormentes varia de 0,4 a 0,6m, a distribuição de cargas para o lastro da infraestrutura ferroviária, ocorre em um maior número de pontos de contato, na base dos dormentes. O lastro, como base de sustentação da estrutura, possibilita a relação de contato e distribuição das cargas no solo (BRINA, 1979; BRINA, 1982).

No caso de um veículo rodoviário, a relação de carga entre pneu e pavimento, é caracterizada por um esforço concentrado em uma área de contato, sobre as camadas básicas de uma rodovia. Esta área possui forma elíptica e distribui a carga, em formato parabólico, onde a pressão máxima é exercida no centro, gerando deformação no local. Consequentemente, o desgaste de um sistema rodoviário ocorre de forma acelerada, dada a característica pontual das cargas, diretamente sobre a base. Assim, o modo ferroviário apresenta menor impacto no desgaste da infraestrutura e melhor relação de distribuição de carga com o solo (BRINA, 1979; SENÇO, 2007).

3.3.5 A relação de tempo e eficiência

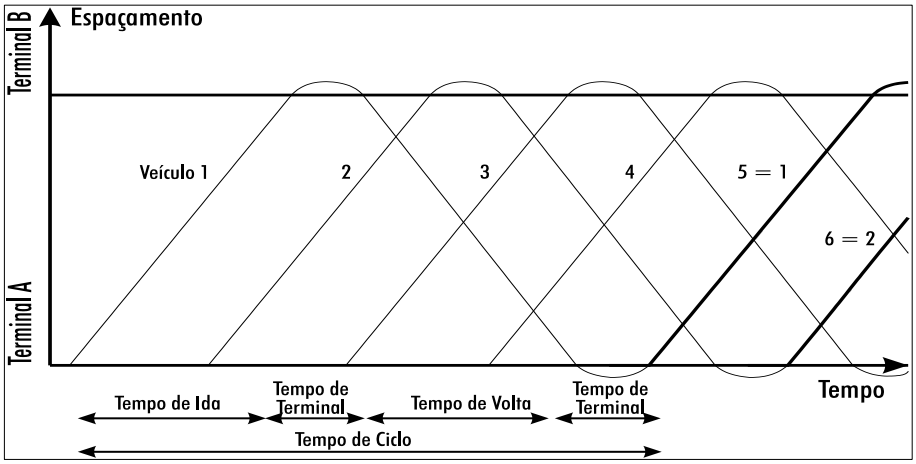
Em um eixo de transporte público, o atendimento eficiente deve considerar a análise de fatores de tempo e distância, componentes do serviço cíclico de transporte, possibilitando a definição de uma frota efetiva total, capaz de atender aos diversos períodos de funcionamento da linha (VALENTE *et al*., 2016).

A relação entre velocidade de operação, ciclo, tempo de ciclo e capacidade de linha, define a movimentação periódica dos veículos em uma linha de transporte. O ciclo é composto por um determinado intervalo de tempo de viagem de um veículo, o qual parte de um terminal de origem (A), percorrendo um trajeto até um terminal de final de linha (B) e após, retorna para a posição inicial, onde aguardará o início de uma nova viagem. O período de duração desta viagem é chamado de tempo de ciclo (Tc), onde estão considerados os tempos de ida, tempo em cada estação, tempo de parada no terminal da linha, e o tempo de retorno (volta) (VIEIRA *et al*., 2014; VALENTE *et al*., 2016).

A Figura 38 exemplifica os ciclos genéricos para quatro veículos diferentes, onde se pode observar, a partir da quinta viagem, a não necessidade de inclusão de novos veículos à frota, pois essa viagem pode ser executada pelo primeiro veículo, o qual já terá finalizado seu ciclo (VALENTE *et al*., 2016).

O diagrama de ciclos apresenta viagens divididas em tempos por etapa de percurso. Buscando maior detalhamento, os tempos de ida e de volta podem ser considerados fora da soma das diversas frações de tempo em cada uma das estações do trajeto, bem como, das frações obtidas nos trechos entre as estações intermediárias.

Figura 38 – Diagrama de ciclos com discriminação de etapas do ciclo.



Fonte: VALENTE *et al*., 2016.

O tempo de estação é compreendido pela soma dos tempos de abertura de portas, portas abertas, sinal de aviso/fechamento de portas, e reação/liberação dos freios. Este fator garante o fácil acesso às composições de transporte, considerando portas duplas, existência de múltiplas portas e acesso em mesmo nível na plataforma (GTZ *et al*., 2008, FERREIRA, 2015).

Os valores de permanência podem ser variáveis por estação, desde que garantam o tempo mínimo para embarques e desembarques confortáveis. O cálculo do tempo total de estação pode ser observado na equação a seguir:

$$T_E = T_A + T_P + T_F + T_R \quad (1)$$

Onde:

- T_E – tempo de estação;

- T_A – tempo de abertura de porta;
- T_P – tempo de portas abertas;
- T_F – tempo de fechamento de porta;
- T_R – tempo de reação.

Para o tempo entre estações é considerada a soma do tempo de percurso em velocidade de cruzeiro, acrescido dos tempos de aceleração e desaceleração, para cada trecho entre estações. Os tempos de aceleração e desaceleração, bem como suas distâncias respectivas, podem ser obtidos por meio de equações de Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV).

Para o cálculo de cada tempo, a relação da variação de velocidade (ΔV) pelo tempo (Δt), $a = \Delta V/\Delta t$, é considerada com velocidade nula, quando o veículo estiver parado na estação. A velocidade de cruzeiro é considerada quando o veículo se move entre estações. Assim, obtendo valores positivos para aceleração e negativos para desaceleração, os quais podem variar entre sistemas e modos de transporte, porém, devem garantir, obrigatoriamente, o conforto dos usuários (VIEIRA, 2018).

$$V = V_0 + a.t \tag{2}$$

Onde:

- V – velocidade final;
- V_0 – velocidade inicial;
- a – aceleração;
- t – variação de tempo.

Em uma análise do comprimento total de uma linha de transporte, considerando espaçamento entre estações constante, o valor absoluto compreenderá distâncias de aceleração, desaceleração e viagem em velocidade de cruzeiro, na mesma quantidade do número de estações do trajeto, além de trechos de manobra nos terminais e o comprimento da plataforma do terminal inicial.

Os comprimentos de plataforma, constantes nas demais estações, estão compreendidos nas distâncias de desaceleração ao longo do percurso (BRASIL, 2013; VIEIRA, 2018). A determinação das distâncias de aceleração e desaceleração é calculada conforme a equação a seguir:

$$\Delta S = V_0.t + \frac{a.t^2}{2} \tag{3}$$

Onde:

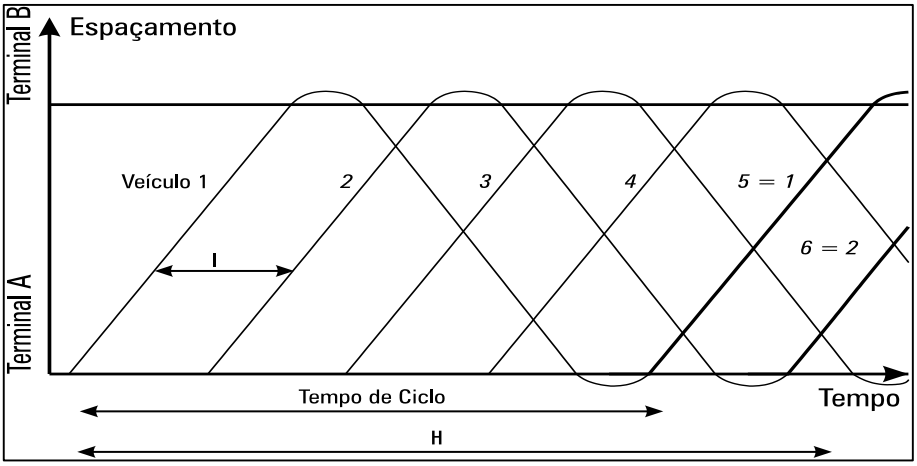
- ΔS – variação da distância percorrida;
- V_0 – velocidade inicial;
- a – aceleração;
- t – variação de tempo.

A distância em velocidade constante compõe o valor de distância média entre estações, ao ser somada com as distâncias de aceleração e desaceleração. Quando há eficiência na definição da distância em velocidade constante, a distribuição de estações é otimizada, possibilitando economia de combustível, e aumento da velocidade média da linha.

A otimização do espaçamento entre estações deve buscar uma maior distância em velocidade de cruzeiro, porém, deve garantir acessibilidade por caminhada, sendo interessante a essa o distanciamento de acordo com os sistemas TOD, em duas vezes o raio mínimo de caminhada, ou seja, 800 metros, para um raio de 400 m (ARRINGTON, 2003; VIEIRA, 2018).

Para uma linha completa, a variação temporal observada na demanda, em diferentes períodos de tempo ao longo de um dia, torna necessário o ajuste constante das frotas em operação. Os períodos típicos de operação (H) se relacionam com os intervalos entre veículos (I) de uma linha, caracterizando um espaço de tempo onde o valor do *headway* é constante (Figura 39).

Figura 39 – Diagrama de Ciclos considerando período típico e intervalos.



Fonte: VALENTE *et al*., 2016.

A relação entre os tempos de ciclo (Tc) e os intervalos (I) de um mesmo período típico, ambos expressos em minutos ou segundos, determina a frota necessária para

cada período. Esta é denominada frota em operação (FO), sendo expressa pela equação a seguir (VALENTE *et al*., 2016; VIEIRA, 2018):

$$FO = T_C/I \tag{4}$$

Onde:

- FO – frota em operação no período;
- T_C – tempo de ciclo;
- I – intervalo entre veículos.

A exemplo de um percurso total de veículo que seja menor que o tempo no horário de pico, a equação 4, citada acima, apresenta o cálculo de frota em operação para um período maior ao do tempo de ciclo de um veículo. Existem situações onde o tempo de ciclo é maior que o período típico, nesse caso, a frota deve ser calculada de forma proporcional ao período típico (H). Conforme descrito na equação a seguir, o atendimento de ambos os períodos é garantido, na cobertura pelo tempo de ciclo do veículo inicial (VALENTE *et al*., 2016; VIEIRA, 2018):

$$FO = \frac{H}{I_1} + \frac{T_C - H}{I_2} \tag{5}$$

Onde:

- FO – frota em operação no período;
- H – período típico;
- I_1 – intervalo entre veículos no período inicial;
- T_C – tempo de ciclo;
- I_2 – intervalo entre veículos no período subsequente.

A definição de uma frota é baseada na necessidade de operação dos veículos na condição de máxima solicitação, ou seja, referente ao fator de pico horário (FPH), caracterizando-se como frota efetiva (FE). Ao se dimensionar a frota para este período de atendimento específico, é possível se estimar a frota total (FT) de uma linha. Para isto, considera-se uma parcela extra de veículos – para eventuais rodízios, manutenções ou indisponibilidade por defeitos – calculada em 10% da frota efetiva, denominada como frota reserva (VALENTE *et al*., 2016):

$$FT = FE + FR = 1{,}10 * FE \tag{6}$$

Onde:

- FT: frota total;
- FE: frota efetiva;
- FR: frota reserva.

A análise dos fatores de otimização da velocidade influencia, diretamente, a variável tempo, tornando as viagens mais eficientes e aumentando a atratividade de um sistema de transporte. Serviços, onde o intervalo (*headway*) do horário de pico é otimizado, permitem o aumento da capacidade de transporte de passageiros por sentido. Confirmando, assim, a necessidade de um serviço de qualidade para a garantia de usuários em um sistema (Item 2.1.2, Cap. 2, p. 32) (GTZ *et al*., 2008; VALENTE *et al*., 2016).

3.3.6 Relações de custo de implantação

Os custos para a implantação de modos de transporte, de média a alta capacidade, variam significativamente entre projetos. Torna-se necessário definir serviços a serem estudados, possibilitando compará-los justamente, seguindo princípios que os tornem equivalentes, como, por exemplo, a segregação do tráfego comum.

Em 2012, um estudo apoiado pela FTA, órgão administrativo do transporte público nos EUA, catalogou 26 serviços de BRT e metrô leve (LRT), dividido em VLT e diesel-elétrico. O estudo selecionou apenas serviços participantes do programa *New Starts*, na fase de implantação entre os anos de 2000 e 2012 (HENRY, 2012; SMATLAK, 2012).

Os sistemas BRT, costumeiramente, são considerados mais baratos em relação aos atendimentos similares com metrô leve (LRT), porém, muitas vezes esses sistemas não atendem os padrões mínimos, conforme apontados no quadro descritivo de qualidade (Figura 30, p. 75), sendo necessário considerar, separadamente, cada situação.

A análise de Henry (2012), buscando comparar de forma pragmática, engloba informações de custo projetado de implantação de 5 sistemas BRT e 21 sistemas LRT, sendo vinte elétricos e um DMU, de acordo com a magnitude das instalações necessárias para implantação. Os projetos de reimplantação ou ampliação foram

classificados de acordo com a porcentagem de obras de capital intensivo, ou seja, que necessitam de uma quantidade expressiva de investimento, como pontes, túneis e viadutos, conforme critérios a seguir:

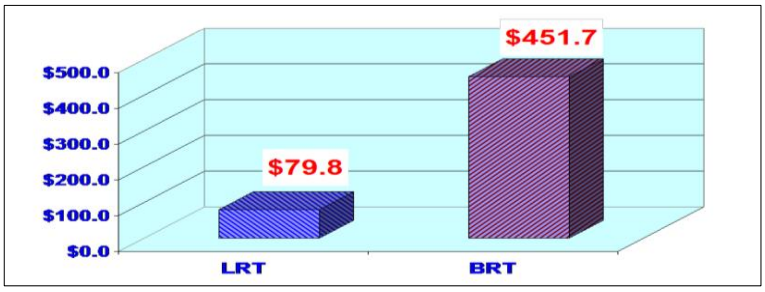
- Instalações mínimas – aquelas que, ao longo do seu traçado, sofreram obras de capital intensivo em menos de 5% da sua extensão;
- Instalações substanciais – as quais foram necessárias obras de capital intensivo em 5% ou mais da sua extensão total.

Em uma análise comparativa de orçamentos para instalações mínimas, os serviços BRT obtém valores médios de custo de implantação 40,5% menores que os serviços LRT equivalentes (Figura 40).

Figura 40 – Custo médio de implantação com instalações mínimas por modo de transporte, em milhões de dólares por milha.

Fonte: HENRY, 2012.

Figura 41 – Custo médio de implantação com instalações substanciais por modo de transporte, em milhões de dólares por milha.



Fonte: HENRY, 2012.

Para situação de comparação entre sistema com instalações substanciais, os serviços BRT obtêm valores médios 466% maiores que os equivalentes em sistemas LRT (Figura 41). Ou seja, um sistema BRT que necessite de obras de capital intensivo,

em mais de 5% de seu trajeto completo, precisará de um orçamento 5,7 vezes mais alto que uma variável em sistema LRT.

O sistema LRT DMU, analisado pela necessidade de instalações substanciais, obteve valor de US$ 25,2 milhões de dólares por milha, bem abaixo que ambos os outros comparados (HENRY, 2012).

Considerando que, a análise de custos teve como valores de referência, os orçamentos projetados, outros dois critérios foram utilizados para definir a eficiência de planejamento e permitir correções necessárias à execução. Primeiramente, a relação entre a previsão de custos descrita no orçamento inicial e os custos reais da obra. Permitindo destacar os projetos que acertaram ou, de alguma forma, superestimaram os custos, por uma taxa de otimização de projeto, $T_{OP} \leq 1$; definida como boa. Para este critério, a relação média obtida para os sistemas LRT foi $T_{OP} = 1,02$, e para os sistemas BRT, foi de $T_{OP} = 1,35$.

Conforme apresentado, o custo final dos sistemas LRT ficaram 2% acima do orçamento inicial, enquanto o custo final para os sistemas BRT foi, em média, 35% maior que o valor orçado inicialmente (HENRY, 2012).

Em seguida, a relação entre as viagens realizadas e previstas no projeto, foi analisada segundo a taxa de crescimento da demanda real (T_{DR}), e a demanda estimada (T_{DE}), considerada boa nos casos de acréscimo em relação àquela estimada no planejamento (Item 3.1), definida por $T_{DR}/ T_{DE} \geq 1$.

O valor médio obtido pelos sistemas LRT foi $T_{DR}/ T_{DE} = 3,3$ e, para BRT, $T_{DR}/ T_{DE} = 1,6$ (HENRY, 2012). Indicando que projetos LRT, após concluídos, transportaram em média 230% mais passageiros em relação a demanda projetada, e serviços BRT, 60% maior.

Ao observar a análise completa, percebe-se que os sistemas BRT, devido ao erro orçamental costumeiro, tem custo de implantação próximo ao de sistemas LRT, para o caso de mínimas instalações e, maior para instalações substanciais. Outro ponto como capacidade reduzida perante sistemas LRT, deve ser considerado.

A menor eficiência necessita um número maior de veículos e maior frequência para atender uma mesma demanda de passageiros, podendo encarecer o projeto, tanto em aquisição, operação e manutenção. Esse tipo de análise permite definir fatores de qualidade em uma concorrência de projetos, por exemplo, retirando pontos de concorrentes com suspeitas anteriores de superfaturamento (BRASIL, 2013).

3.3.7 O custo de operação

O transporte coletivo pode apresentar um problema ao sistema de mobilidade urbana, quando existem bairros distantes e esparsos. O custo variável tende a ser elevado em áreas de baixa densidade. Este, engloba investimentos em combustível, manutenção, peças e, mão de obra para manutenção.

Considerando um atendimento por serviço troncal de BRT, o investimento em infraestrutura pode ser muito elevado, resultando num altíssimo custo fixo. Os custos fixos consistem, além da infraestrutura demandada, na depreciação dos equipamentos, salário da tripulação e, taxas de licenciamentos e seguros, envolvidas na implantação (VALENTE *et al*., 2016).

Um ambiente rarefeito acarreta num índice de passageiros transportados por quilômetro (IPK) desvantajoso, sendo péssimo para o custo operacional. O valor de IPK é definido por uma relação entre o número médio de passageiros e a média diária de quilometragem rodada. Calcula-se, separadamente, por linha, por empresa e como índice global municipal (VALENTE *et al*., 2016; VIEIRA, 2018).

Perante a definição de uma tarifa, o ônibus pode se caracterizar como um ‘taxi de luxo’, devido a sua capacidade total para um corredor e seu impacto no custo de operação. Mesmo em um serviço de alta qualidade, com os maiores veículos disponíveis, a capacidade total da linha não caracteriza este como serviço de alta capacidade, impactando na viabilidade de um serviço.

A operação de transportes é afetada, diretamente, pelo IPK, pois este se relaciona com os custos variáveis. O índice está ligado a entrada de receita e, assim, ao abatimento no valor total dos custos variáveis.

Uma linha onde o IPK é baixo, terá custos maiores, pois, o custo por km ficará mais evidente. Mesmo para uma linha com poucos itinerários, o custo tende a ser alto, considerando que a porcentagem de custos fixos fica proeminente no cálculo. Assim, baixa densidade de passageiros em locais distantes encarece o sistema de transporte, pois a colaboração relativa desses é mínima, dentro de uma composição financeira (GTZ *et al*., 2008; VALENTE *et al*., 2016; VIEIRA, 2018).

CAPÍTULO 4. Mover sem remover

O quarto capítulo refere-se à discussão sobre o processo metodológico que compõe o Desenvolvimento Orientado ao Transporte Público de Passageiros (TOD). a partir do planejamento de linhas de transporte coletivo, observando parâmetros de eficiência e o controle de variáveis relacionadas à locomoção de passageiros.

Num primeiro momento, faz-se necessária a compreensão e estruturação de parâmetros essenciais à abordagem do TOD. A estrutura destaca e ordena aspectos necessários para a definição de um serviço eficiente, com o intuito de conseguir uma discussão embasada e densa, não tendo, com isso, a pretensão de exaurir o tema.

A discussão baseia-se numa análise crítica, devendo considerar que a mesma se desenvolve por uma visão da engenharia civil, orientada pela arquitetura, sobre um tema transdisciplinar.

4.1 O componente histórico

Os sistemas de bondes foram eliminados pela perspectiva rodoviarista, como observado no Item 2.1.2 (Cap. 2, p. 32), por intermédio de um truste de empresas que buscava lucro com a oferta de mobilidade individual motorizada. Compreender as características temporais desse processo auxilia na busca de soluções para os problemas oriundos de injustiças sociais, essas vivenciadas pelas populações economicamente vulneráveis.

A retirada dos sistemas ferroviários de passageiros, os quais eram comprovadamente eficientes, modificou o paradigma de produção da cidade. A modificação ocorreu por um processo de perda intencional de qualidade no serviço, isso a partir do desmonte do transporte público de alta capacidade por empresas rodoviaristas e petrolíferas organizadas em um truste inicial nos EUA.

Todo o processo se dá em nome de um aumento nas vendas de carros, pneus e combustíveis, tendo seu ápice com a queima dos bondes (Cap. 2, Item 2.1.3, p. 33), para que esses não fizessem mais parte da matriz de transporte e, posteriormente, abrissem espaço viário para os carros e o ônibus.

O episódio de conspiração foi publicamente confirmado pelo Senado estadunidense, sendo levantado, inclusive, custo de reinvestimento necessário para reimplantar os sistemas de bonde preexistentes. A reimplantação total não ocorreu devido ao seu custo extremamente elevado. O processo movido no órgão legislativo estadunidense produziu informações sobre o truste (*lobby*), porém, não atingiu realmente as empresas envolvidas, mostrando a impunidade em um sistema que favorece o lucro a partir do consumo e da obsolescência (TAKEN, 1996; GENTRIFICATION, 2014; WHAT, 2015).

Esse *lobby*, ao longo do tempo, convenceu a população que os mesmos pontos de centralização da vida urbana voltada para a indústria do automóvel, seriam favoráveis às pessoas. As classes média e alta estadunidenses, no momento da modificação do paradigma urbano e com a disponibilidade de financiamento, passaram pela transição para bairros afastados da infraestrutura urbana, projetados apenas com função residencial. Os bairros dormitório, com a única função de vender carros, geravam a necessidade de construção de rodovias e de espaços exclusivos para estacionamento em toda a edificação (Cap. 2, Item 2.1.4, p. 36).

O processo conjunto, deslocamento populacional e desinvestimento do centro, retirou pessoas de um ambiente urbano compartilhado, partindo de uma promessa de liberdade e qualidade de vida, em uma etapa anterior da gentrificação, afetando os espaços abertos lindeiros da cidade. Os sistemas de transportes centrais eram substituídos por veículos lentos e poluidores, adaptados de caminhões, buscando conduzir mais pessoas ao paradigma do automóvel.

O deslocamento populacional levava, inicialmente, as populações brancas para fora da cidade, os subúrbios, com a comercialização de um sonho bucólico de moradia própria. Essa redução de densidade do centro urbano provocava queda nos preços imobiliários, fazendo parte do processo de demolição e reconstrução urbana, com reaproveitamento ou substituição das edificações, para comportar nova população.

Os espaços próximos da centralidade, em áreas estigmatizadas, compostos por populações trabalhadoras não-brancas, pouco-a-pouco iam sendo preenchidos. O preenchimento desse espaço conduzia populações economicamente sensíveis

para esses espaços desinvestidos, reforçando o estigma, como passo inicial da elitização da cidade (TAKEN, 1996; WHAT, 2015).

Os residentes considerados, na atualidade, ‘de longa data’ compreendem os moradores existentes antes do processo de retirada da população branca dessas comunidades, bem como, as populações de baixa renda que acessaram esses espaços após o início da suburbanização (WHAT, 2015).

O processo gentrificador, na atualidade, continua a promover deslocamento populacional, pois as populações de baixa renda acabam tendo seu direito à mobilidade urbana cerceado por uma visão de consumo. O desinvestimento em áreas gentrificadas segrega comunidades densas da conexão com a cidade devido ao baixo poder econômico da classe trabalhadora, aumentando o peso social sobre o componente racializado.

A falta de infraestrutura em bairros gentrificados é utilizada pela especulação imobiliária para garantir áreas de terra com custos baixos, próximas da centralidade urbana. Sendo assim, mesmo estando junto ao núcleo urbano, essas comunidades não recebem investimento, com a justificativa falaciosa que o reinvestimento promove deslocamento populacional.

Se faz necessário compreender que, na verdade, o desinvestimento intencional, segregador e etnocentrado[14] se caracterizou como a ferramenta de produção inicial da gentrificação (Cap. 2, Itens 2.1.4 e 2.3, p. 36 e 54).

O ideal bucólico do subúrbio se tornou parâmetro de urbanização, porém, isso evidenciou suas falhas intrínsecas, como o alto custo para implantação de infraestrutura em áreas de baixa densidade ou, a necessidade do uso de modos individuais motorizados para toda e qualquer locomoção dentro de seus espaços.

A expansão urbana promovida pelo suburbanismo tornou a cidade esparsa, com densidade inferior a necessária para o uso de transportes coletivos de qualidade. As maiores densidades permitem que o custo da infraestrutura tenha menor impacto, sendo mais econômico para a urbe. O investimento inviável em transporte público em áreas suburbanizadas acaba conduzindo novas populações para próximo da centralidade, o que o sistema de consumo utilizou para uma nova etapa da gentrificação (WHAT, 2015; SPECK, 2016; GENTRIFICATION, 2017).

---

[14] Etnocentrado: (*adj*.) Etnocentrismo é a consideração que um grupo humano específico, suas características e dogmas, tem superioridade aos demais grupos humanos.

Os descendentes da população suburbanizada, denominados de geração do milênio, ou ‘*millenials*’, começam a retornar às áreas centrais da cidade, buscando suprir a necessidade latente de estrutura e acesso às facilidades da sociedade de consumo (SPECK, 2016). A urbe acaba sendo muito dispendiosa para alcançar o subúrbio, o que apenas comprova a insustentabilidade do sistema de base rodoviarista, construtor de um urbanismo com o prefixo ‘sub’, um suburbanismo.

4.1.1 Repensando o subúrbio

O urbanizar suburbano se desenvolveu nos EUA após a metade do século XX, estando completamente enraizado na cultura e na cidade do país. O Brasil e outros países da América do Sul receberam influências do suburbanismo no processo rodoviarista de mudança de paradigma, promovendo expansão urbana com o uso de bairros fechados e condomínios exclusivos. Porém, ao repensar a suburbanização, abandonar o subúrbio na busca de uma cidade densa não parece sensato, principalmente ao observar o investimento preexistente e as anteriores retiradas de infraestrutura (Cap. 2, Item 2.1.3, p. 33).

Assim, se faz necessário refletir sobre a construção de infraestrutura urbana no subúrbio. Em parte, essa pode ser altamente dispendiosa, um investimento alto e de difícil execução, porém, é possível trabalhar um urbanismo intermediário, criando uma transição menos impactante entre os modelos urbanos e suburbanos. O que permitiria reconstruir a conexão urbana a partir de novas centralidades com o uso de sistemas orientados, como o TOD.

O levantamento histórico desenvolvido até o momento deixa claro que o processo gentrificador é derivado de uma falha intrínseca ao processo suburbanizador (Cap. 2, Item 2.1.4, p. 36). A necessidade crescente de viagens individuais diárias pode ser observada como variável da construção de uma cidade idealizada para dirigir, como mostram as Figura 9a e 9b (p. 38). Assim, a necessidade por espaços para novas vias rápidas de acesso ao centro da cidade, se usa de espaços gentrificados, deslocando populações e substituindo comunidades por infraestrutura exclusiva ao carro, como rodovias e acessos.

O uso de metodologias de planejamento integrado, garantindo participação à população, é o principal ponto para evitar mais gentrificação (Item 4.2 deste capítulo, p. 98). O problemas criado nos EUA, como citado anteriormente, foi replicado no Brasil e no mundo, porém, é interessante questionar se a aplicação de técnicas com base empírica, como o TOD, torna possível um retorno aos modos de transporte mais eficientes (Cap. 2, Item 2.1.5, p. 40).

Modelos internacionais podem auxiliar a construção de modelos próprios, num processo autofágico, adaptando alternativas de sucesso, a realidade local. GTZ *et al*. (2008) enfatiza, em seu capítulo inicial, que é possível e necessário, aprender com os erros e acertos anteriores, mesmo esses ocorrendo em outros locais e durante outras experiências. O que cabe, aos planejadores, ponderar sobre sucessos e insucessos, de forma crítica, para construção de um modelo com maior chance de êxito.

4.1.2 A aplicabilidade do *Transit-Oriented Development* (TOD)

A vida comunitária e compartilhada dirigia, anteriormente, as pessoas a uma cidade adensada, porém, o paradigma de consumo passa a exacerbar a segregação, por falta de um planejamento eficiente e com integração social. Perspectivas dos sistemas TOD, incluem os espaços de discussão sobre o impacto de instalações (Cap. 2, Item 2.2.1, p. 46), com a construção de núcleos-base de apoio e a participação do funcionalismo público, representantes eleitos, proprietários locais e moradores das vizinhanças, engajando esses em assembleias para compreensão e direcionamento dos projetos (CITY, 1992; ARRINGTON, 2003).

Segundo Arrington (2003), uma boa implementação do TOD deve abordar parcerias com a comunidade e compreensão sobre o setor imobiliário local. Em uma busca por crescimento inteligente, o projeto deve envolver o planejamento eficiente de transporte público urbano (TPU) e, oferecer a mistura de usos e incentivos para o desenvolvimento econômico do entorno de uma estação (Cap. 2, Item 2.2.1, p. 46).

A visão base do projeto TOD é concentrada na melhora econômica como proposta de desenvolvimento, conforme a disponibilidade baixa de recursos para o investimento em infraestrutura (Cap. 2, Item 2.2.2, p. 50). O fator econômico se mostra

importante para garantir que o direito a mobilidade alcance ao máximo a população local, porém, esse deve estar aliado ao direito da população em produzir a cidade.

Ao observar a pesquisa de Schuetz *et al*. (2016), considerando os aspectos levantados por Gentrification (2017), exemplos em diversas cidades estadunidenses, definidas ou não por um urbanismo voltado para o carro, necessitam de fatores de controle, para garantir a participação e priorização da escala humana e da população da classe trabalhadora. Uma implementação justa pode ser garantida com a aplicação desses fatores, relacionando-os às mesmas variáveis que tendem, inicialmente, a gentrificar uma localidade, como encarecimento habitacional ou disponibilidade de empregos para a classe indígena[15] (Cap. 2, Itens 2.2.3 e 2.3, p. 51 e 54).

Ao planejar uma linha de transporte considerando o TOD em mente, como proposta de reconstrução de comunidades, a garantia de eficiência e a inclusão de sistemas de controle podem reforçar a construção do projeto. A proteção da população sensível pode ser evidenciada, garantindo um sistema de transporte coletivo promotor de justiça social (Item 4.2.4 deste capítulo, p. 102).

A pesquisa segue por uma compreensão de como a estruturação do transporte pode primar por uma mobilidade eficiente, observando a necessidade de participação popular no processo de decisão, e como esta auxilia na definição de um corredor. Outros aspectos a serem analisados são, a escolha de um modo com as melhores condições de atendimento e, uma experimentação aperfeiçoada do potencial conectivo da linha, principalmente, ao favorecer o uso de TOD nas estações (ARRINGTON, 2003; GENTRIFICATION, 2014; WHAT, 2015).

4.2 Estruturação de parâmetros

Speck (2016) afirma que uma comunidade ou bairro pode ser completamente autossuficiente ao focar sua mobilidade no uso de modos suaves, como caminhada e ciclismo. A mobilidade na perspectiva complexa, contendo diversas comunidades, deve incluir a reflexão sobre o uso de um sistema eficiente e de alta capacidade, para garantir a conectividade entre bairros e o desenvolvimento sociocultural da cidade.

[15] Indígena: (*s*.) Termo que designa uma população originária de determinado local ou região.

A construção urbana a partir da aplicação de sistemas TOD, segundo Arrington (2003), pode ser abordada em período anterior a implantação de um sistema, ou mesmo, para a reimplantação do transporte coletivo. O uso do processo TOD demanda compreensão de planejamento da mobilidade urbana, com revisão da implantação de sistemas orientados, e posteriores aspectos que se liguem a esse.

4.2.1 O planejamento de um transporte público eficiente

A implantação de um corredor de transporte coletivo, de planejamento otimizado, para ser compreendida, deve partir de uma visão regional e urbana, de médio e longo prazo (ARRINGTON, 2003; SCHUETZ *et al*., 2016). Para iniciar uma análise e posterior compreensão do método TOD, seus parâmetros de planejamento devem ser identificados, tais como as variáveis de eficiência descritas a seguir:

- Abordagem da mobilidade urbana em macro e microzoneamento;
    - Conexão com a cidade por transporte coletivo de alta capacidade; e,
    - Acessibilidade entre o bairro e a estação por modos suaves;
- Priorização da escala humana em todo processo de implantação;
- Preferência ao uso dos modos de transporte de maior capacidade e eficiência energética;
- Definição de modo de transporte coletivo por fator de custo de implantação e de operação;
- Necessidade de estruturação de uma linha em um sistema de transporte principal (troncal) de média a alta capacidade;
- Abrangência da área de influência do corredor de transporte em distâncias caminháveis e cicláveis;
- Análise do sistema de mobilidade urbana de acordo com a priorização da variável ‘tempo’;
- Distanciamento entre paradas e estações que otimizem o gasto energético, respeitando os fatores de caminhabilidade e ciclabilidade.

Alinhando parâmetros de planejamento, o desenvolvimento de um sistema orientado (TOD) se dá com a construção de linhas conectoras entre comunidades, sendo necessário que se projete, desde o princípio, com seus parâmetros em mente (Cap. 2, Item 2.2.1, p. 46). City (1992) e Arrington (2003) indicam o uso de sistemas TOD a partir da fase de planejamento, para garantir um desenvolvimento urbano de qualidade, reforçando a participação comunitária e potencializando a viabilidade econômica de uma linha (Cap. 2, Item 2.2.1, p. 46).

4.2.2 Projetando com o TOD em mente

O planejamento de um sistema de transporte público eficiente começa pela definição de configuração e projeto da linha, conforme observado nos itens 3.3.1 e 3.3.3 (Cap. 3, p. 76 e 79). A execução de projetos de mobilidade pode incluir situações onde o uso do solo não é trabalhado de forma favorável ao potencial de desenvolvimento de uma estação.

Isso ocorre, quando a baixa densidade, como a existente em áreas suburbanizadas, acarreta em uma grande distância percorrida por um transporte público, atingindo apenas um pequeno número de usuários (Cap. 3, Item 3.3.7, p. 91). Essa baixa densidade afeta o índice de passageiros por quilômetro (IPK), definindo um valor baixo, o qual conduz o transporte a insustentabilidade econômica, portanto, devendo ser evitado.

Para a realidade brasileira esse potencial econômico pode ser considerado benéfico ao gerir a aplicação de investimentos em mobilidade urbana, devido a posição de desenvolvimento do país e a necessidade latente de infraestrutura. Porém, é importante compreender que a perspectiva estadunidense é determinada principalmente pelo fator econômico (Cap. 2, Item 502.2.2, p. 50), sendo necessário priorizar o fator de participação popular, para evitar a possibilidade de deslocamento populacional.

Um planejamento eficiente deve incluir uma escolha modal de acordo com o melhor atendimento de capacidade, conforme analisado nos itens 3.2.1 e 3.3.7 (Cap. 3, p. 65 e 91). Ao desenvolver uma nova linha de metrô leve (LRT), buscando relação amigável à consolidação do entorno, Arrington (2003) afirma que a tendência de

incorporação das particularidades locais ao projeto garante melhor integração com a comunidade.

Ao projetar uma nova facilidade[16] de transporte público, buscando o crescimento concêntrico e o desenvolvimento de uma nova centralidade urbana, Arrington (2003) sugere que é interessante alinhar o programa por questionamentos, tais como:

- A localização da estação corresponde a uma área com potencial e liberdade de desenvolvimento?
- A mobilidade suave em uma rede compacta e coerente é prioridade no acesso as instalações de transporte?
- A estação se relaciona com o entorno e permite conexões diretas entre os pedestres e a instalação?
- A malha viária e os espaços de estacionamento próximos da estação são desenhados para proteger os usuários vulneráveis do tráfego e para conectar a comunidade local?
- O método TOD foi incorporado de forma adequada ao projeto das instalações de transporte público?

Arrington (2003) afirma que, quanto mais cedo forem feitas as decisões sobre alinhamento, localização e projeto básico de cada estação, maior será o impacto no sucesso do método TOD. Os planos de entorno da estação podem oferecer, tanto a construção de um espaço de vizinhança, quanto a segurança e previsibilidade do desenvolvimento comunitário (CITY, 1992). O detalhamento do entorno de cada estação, onde for aplicado o método TOD, deve envolver uma avaliação para os raios da área de influência, contendo os seguintes componentes de projetos:

- A definição de um conceito de projeto para o entorno da estação adotada, incluindo ao menos uma vista;
- Plantas de uso do solo e zoneamento, detalhadas conforme a complexidade da proposta; e,

[16] Facilidade: (*s*.) Do inglês '*facility*', instalação ou infraestrutura para atendimento por serviço público.

- Um cronograma das etapas e propostas contidas no plano de aplicação do projeto urbano, voltadas ao desenvolvimento econômico com o método TOD.

4.2.3 O planejamento urbano participativo

Talvez, o ponto mais importante no planejamento de um sistema TOD é a condução da cidade à mesa de decisão. A população precisa conhecer o projeto e compreendê-lo. Poucas comunidades estão dispostas a abraçar a ideia da necessidade de acomodar mais densidade. Porém, para possibilitar uma linha viável, o transporte público deve ser priorizado, e assim, a densidade repensada para uma padronização eficiente, porém não descaracterizante (Cap. 3, Itens 3.3.1 e 3.3.2, p. 76 e 78).

Sem uma política que garanta a sustentabilidade dos modos coletivos, o paradigma do automóvel continuará definindo as cidades. Sendo assim, a integração com a população é um ponto muito importante, pois as dúvidas precisam ser sanadas. Isso, principalmente, para garantir uma possibilidade de retorno ao paradigma do pedestre, em um ambiente onde o consumo do carro é a única forma compreendida de direito à cidade (ARRINGTON, 2003; HARVEY, 2009).

A discussão com a comunidade pode ser aprimorada, permitindo um planejamento fundamentado onde as melhores oportunidades para o desenvolvimento local podem ser identificadas (Cap. 2, Itens 2.2.1 e 2.3, p. 46 e 54). Ao conduzir planejadores urbanos, arquitetos, e engenheiros para trabalhar como agentes diretos, a oportunidade para a comunidade conhecer e discutir um projeto tende a aprimorar a estratégia de mobilidade, devido ao processo de interação com os usuários (CITY, 1992; ARRINGTON, 2003).

4.2.4 O controle de impactos na implantação de um sistema de transporte

A implantação de transporte público de qualidade é, erroneamente, relacionada à gentrificação (Item 4.1, deste capítulo, p. 93).

O processo de desinvestimento em comunidades centrais da cidade, com viés racializado e social, está enraizado no paradigma rodoviarista de projeto urbano, como visto ao longo do Item 2.1 (Cap. 2, p. 27). Para modificar essa perspectiva deve-se promover um controle das variáveis com potencial de gentrificação, como o planejamento do uso do solo, a variação do custo imobiliário e a gestão e direcionamento dos postos de trabalho, buscando um entorno mais justo a população de longa data (Cap. 2, Item 2.2.3, p. 51).

O uso de mecanismos de controle, também, deve ser evidenciado para garantir que o projeto e a aplicação sejam eficientes e socialmente justas (Cap. 2, Itens 2.2.3 e 2.3, p. 51 e 54). Assim, compreendendo como os parâmetros relacionados (Item 4.2.1, deste capítulo, p. 99) agem para um TOD aperfeiçoado, visando um planejamento que promova mobilidade urbana, sem gerar deslocamentos de populações sensíveis.

O planejamento do controle de impacto, em comunidades do entorno de cada estação, pode ser utilizado para garantir a aplicação do método TOD com eficiência e justiça social. O qual, ocorre ao incluir uma análise da variação de fatores ligados ao deslocamento urbano direto e indireto (WHAT, 2015; GENTRIFICATION, 2017). O planejamento deve possibilitar acessibilidade para a população usufruir do sistema de conectividade urbana, repensando o bairro de forma concentrada, valorizando a integração das pessoas com sua cidade.

O estudo de densidade local é relativo à cada estação, não sendo necessário apenas áreas centrais para garantir uma linha de transporte, mas sim áreas de bairro, com um adensamento que torne a estação uma referência na vizinhança, aproximando a comunidade. Bairros predominantemente residenciais, com presença de edificações térreas e unifamiliares, podem apresentar densidade de qualidade considerável para manter um bom sistema de transporte público (CITY, 1992; ARRINGTON, 2003; SPECK, 2016).

O controle, visando a proteção das características do bairro, requer visão de planejamento sequencial. A partir das pesquisas de What (2015) e Schuetz *et al*. (2016), três aspectos podem ser evidenciados para melhor compreensão e controle efetivo dos possíveis impactos, são eles:

- Analisar o *status quo*[17], compreendendo o funcionamento do bairro, suas normas, costumes, legislação e paradigmas sociais;
- Controlar severamente o processo de urbanização, garantindo que os planejadores o conduzam após discussões e escolhas conjuntas com a população;
- Manter o equilíbrio econômico local, limitando o crescimento, ao incentivar, prioritariamente, o desenvolvimento organizado do comércio e dos serviços nativos do bairro, evitando grandes incorporações.

A aplicação de um eixo de transporte tende a criar um desenvolvimento espontâneo (TAD), desenvolvendo o entorno sem planejamento, organicamente. O TOD pode intervir e corrigir os potenciais erros do TAD, usando técnicas urbanísticas experimentadas empiricamente para melhor resultado (Cap. 2, Item 2.2.1, p. 46), visando atrair e garantir clientes ao transporte público urbano (TPU) (ARRINGTON, 2003). A qualificação do entorno, discutida com a comunidade, deve ser feita adotando tendências favoráveis à escala humana, ou seja, impactando, diretamente, a priorização do automóvel.

Medidas como a promoção de mudança no dimensionamento de novos quarteirões e priorização de uma micromalha conectada, por exemplo, permite liberdade ao uso do transporte individual, porém, sem prioridade. Um bairro com vias conectadas que permita permeabilidade na locomoção e garanta acessibilidade, é interessante a caminhabilidade, a ciclabilidade e, inclusive, ao uso de modos de transporte individual motorizado. A preferência de planejamento e locomoção deve focar na mobilidade suave, mesmo permitindo ao carro acesso em todas as vias, e evidenciando que esse modo rodoviarista é apenas um convidado dentro do espaço pensado na escala humana (SPECK, 2016).

As variáveis com potencial de gentrificação podem ser usadas para desgentrificar, ou seja, recuperar a habitabilidade comunitária de um local. A revisão das áreas urbanas junto às facilidades de transporte, ao permitir que as comunidades tenham acesso as instalações com espaços qualificados, acessíveis e caminháveis, pode reverter a possibilidade de deslocamentos urbanos, combatendo os

[17] *Status quo*: (*s*.) expressão originária do latim cujo significado é ‘o estado atual das coisas’.

componentes de desinvestimento, preconceito racial e social (ARRINGTON, 2003; SCHUETZ *et al*., 2016; CHAPPLE *et al*., 2017).

4.2.5 O entorno da estação e o controle do TOD

As comunidades que passam a adotar planos de entorno de estação para cada uma das áreas, ainda na fase de projeto, tendem a obter bons resultados de desenvolvimento após a abertura das linhas para o serviço. Como exemplo, a cidade de Portland, nos EUA, costuma aplicar os passos da metodologia de planejamento TOD em paradas, a partir da fase de projeto. Para as linhas de metrô leve East e Westside, os governos locais dos três condados que comportam a grande Portland, coordenaram um programa conjunto de planejamento entre as jurisdições.

Isso, reforça a importância de parcerias governamentais para a implantação de planos mais abrangentes de desenvolvimento econômico e social. Onde oportunidades para revisão e adequação de zoneamento podem apoiar a inclusão de usos mistos, com instalações voltadas para a vizinhança, bairros integrados ao sistema de transporte público e, priorização de planejamento em função dos pedestres (Cap. 2, Item 2.2.1, p. 46).

Deve-se considerar as paradas como lugares especiais, onde o equilíbrio precisa favorecer o crescimento tradicional, priorizando infraestrutura cicloviária e caminhabilidade como formas alimentadoras dos serviços (Cap. 2, Item 2.2.1, p. 46). As distâncias caminháveis são relativas, dependendo de idade, estado de saúde, condições topográficas, entre outras situações locais. Nesse ponto, é preciso fazer uma escolha lógica, tendo como base estatística o uso efetivo de TPU para cada situação. Devido ao compromisso de servir viagens rotineiras em horário de pico, como as requeridas por estudantes, trabalhadores e demais pessoas cativas ao serviço.

Como a efetividade do transporte é medida pela taxa da passageiros transportados por hora (pass./h/sentido), em um determinado sentido, este jogo de eficiência necessita da adoção de um raio caminhável. Deste modo, estando em uma determinada situação urbana, duas estações afastadas em 800m, atenderão a maioria

absoluta das pessoas, com trechos de caminhada, inferiores a 400m (ARRINGTON, 2003).

Em momento anterior a fase de execução de um projeto de mobilidade, o planejamento do controle de impacto para um entorno de estação, deve iniciar uma análise sobre o mercado imobiliário e de emprego.

Ao observar como as variáveis usadas para selecionar investimento público podem ser definidas como indicadores de controle. Isto, permite decisões importantes ao processo de implantação de um projeto, como o controle severo da urbanização, com auxílio dos arquitetos e planejadores. Definindo como serão dispostos e trabalhados cada aspecto da vizinhança, por exemplo, com a presença de redes de cafeterias ou por meio de incentivo ao reforço das ofertas de alimentação do próprio bairro, em uma proposta de manutenção do equilíbrio econômico local, com inventivo ao desenvolvimento (SCHUETZ *et al*., 2015; GENTRIFICATION, 2017).

Outro fator, é o controle de custos de moradia, com a gestão do custo por metro quadrado de solo, o que faz parte da tabela de cálculo do IPTU, pode ser gerido por órgãos públicos, para evitar a especulação imobiliária. Por intermédio de tabelas progressivas, ou o congelamento em áreas de interesse social.

Uma proposta TOD, com eficiência e justiça social, deve incluir o levantamento destes dados, e possibilitar a comparação com áreas de controle. As variáveis tendem a indicar quais pontos devem ser, prioritariamente, controlados, para evitar deslocamento populacional. (WHAT, 2015; GENTRIFICATION, 2017).

4.3 Sobre a prática no planejamento de transporte público

4.3.1 A definição de um eixo de mobilidade

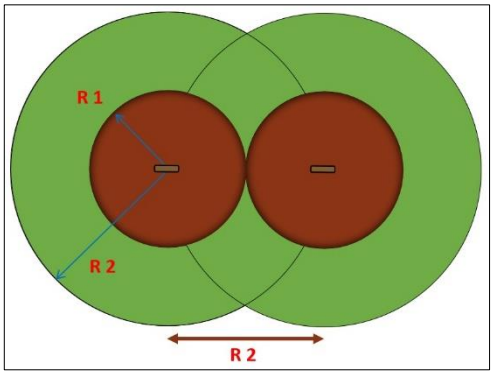
As viagens de transferência entre as comunidades e áreas centrais da cidade, no aspecto macro, devem ser atendidas por sistemas coletivo. Enquanto, no aspecto da microrrede comunitária, a alimentação do sistema, e as viagens locais devem ser priorizadas por uma estrutura de qualidade para a mobilidade suave. O uso de linhas troncais possibilita um serviço otimizado, com maior frequência e capacidade,

oferecendo qualidade ao usuários, para o atendimento da demanda existente e futura (Cap. 3, Itens 3.3.1 e 3.3.3, p. 76 e 79).

A abrangência pode ser definida por distâncias caminháveis R1 e R2, como observado na Figura 42, em áreas de densidade concêntrica, distribuindo a cobertura do corredor de maneira equidistante. O espaçamento padronizado entre estações, quando tende a um valor médio de locomoção, tido aqui como R2, mantem um melhor consumo de combustível, por garantir uma aceleração e desaceleração similar, além de uma velocidade de cruzeiro constante (Cap. 2, Item 2.2.1, p. 46 e Cap. 3, Item 3.3.4, p. 81).

Pensar criticamente o TOD é adaptá-lo a realidade local, como as distâncias caminháveis citadas por Arrington (2003), definidas em 400 e 800m por uma base estadunidense de medição, o pé (feet = 30,48cm). Para a percepção de espaço sulamericana, discutir os raios R1 e R2 em distâncias de 500 e 1000 metros, seria um exemplo de adequação do padrão.

Figura 42 – Espaçamento caminhável entre estações, com distâncias relativas R1 e R2.



A apresentação de gráficos de trecho típico entre estações, permite observar inclinações similares de aceleração e desaceleração, ou seja, equidistantes, e o aproveitamento em velocidade constante, para trechos equivalentes ao longo da extensão de uma linha, ao considerar estações dispostas com o mesmo espaçamento entre si.

No âmbito da engenharia de transportes, as simulações auxiliam na exemplificação e relação entre capacidade, aceleração, desaceleração, e aproveitamento energético. Dessa forma, deve-se lembrar que as distâncias entre paradas podem ser variáveis, porém, esse fator de equivalência permite analisar o

comportamento no trecho. Particionando o mesmo em distâncias necessárias para acelerar e desacelerar o veículo e, a distância percorrida em velocidade de cruzeiro, e indicando a potencialidade de novas centralidades (Cap. 3, Item 3.3.5, p. 83).

Em simulações gráficas, com o intuito de exemplificar o gasto relativo à variação de distância entre estações, utilizou-se a velocidade de 60km/h e aceleração/desaceleração de 1,11m/s^2, na análise de duas situações. Ao observar estas, é possível comparar o impacto da variação de distância no aproveitamento do trecho, para velocidade constante. A Figura 43a apresenta a inexistência deste trecho, ou seja, não há aproveitamento em velocidade de cruzeiro (0%), onde 125m são ocupados acelerando e 125m desacelerando (freando), em maior gasto energético.

Uma possibilidade de atendimento onde não haja distância viajada em velocidade constante, acaba sendo inexequível economicamente, devido ao impacto nos custos variáveis, com maior gasto de combustível, por exemplo (Cap. 3, Item 3.3.7, p. 91).

Um sistema otimizado se baseará num bom aproveitamento energético, nesse sentido o contato roda-trilho, por envolver uma interação de aço com aço, tem um valor de atrito muito baixo, reduzindo o esforço e o desgaste, o que permite um gasto menor em toneladas de combustível para a movimentação (Cap. 3, Item 3.2.3, p. 70). Considerando a diversidade da matriz energética brasileira, o fornecimento de energia em uma possibilidade de atendimento no sul do estado do Rio Grande do Sul, de matriz menos sustentável, é feito por usina termoelétrica a carvão, tendo maior impacto ambiental (VIEIRA *et al*., 2014; VIEIRA, 2018).

Figura 43 – Análise de trecho típico entre estações para velocidade de cruzeiro 60km/h e aceleração/desaceleração 1,11m/s^2, distanciamento (a) 250m e (b) 500m.

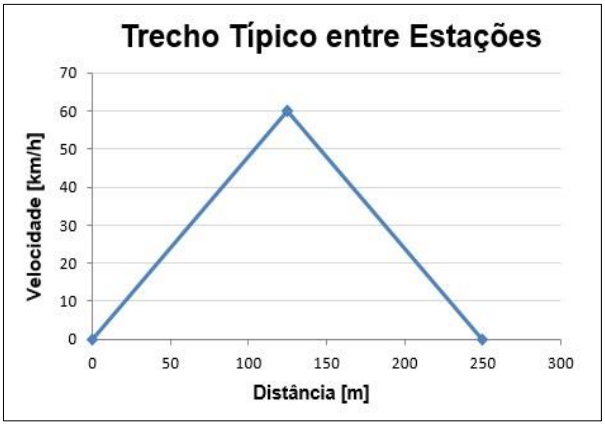


Fig. 43a

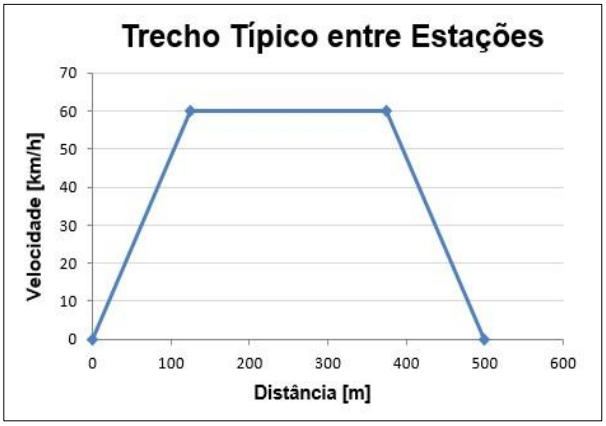


Fig. 43b

A segunda situação (Figura 43b) apresenta um aproveitamento de 50%, com 250m em velocidade de cruzeiro e mesmas distâncias de aceleração e desaceleração em relação a situação anterior. Ao considerar as hipóteses de atendimento urbano da simulação, se torna recomendável o uso de espaçamentos acima de 500m. Pois, ao reduzir a velocidade, o distanciamento entre estações necessitará de redução, aumentando, inclusive o custo de instalação de paradas na linha, o que pode, também, reduzir a velocidade de operação (média) do sistema (Cap. 3, Itens 3.3.5 e 3.3.6, p. 83 e 88). No exemplo citado, a variação sobe de 19km/h, para 30km/h quando existe aproveitamento em velocidade constante.

Em uma situação de distanciamento fixo 800m, quanto maior for a velocidade de cruzeiro projetada, maior será a aceleração necessária para atingir um aproveitamento de 50%. A Tabela 3 apresenta dados para essa situação, com acelerações mínimas para garantia de aproveitamento, considerando valores de velocidade de cruzeiro variados.

Tabela 3 – Taxas de aceleração mínimas para aproveitamento de 50% em velocidade de cruzeiro 60km/h, para um trecho de 800m.

Velocidade (km/h)	Aceleração (m/s^2)
30	0,17
40	0,31
50	0,49
60	0,69
70	0,95
80	1,23
90	1,56
100	1,93

Ao utilizar velocidades constantes, um aumento de aceleração, também, poderá influenciar a taxa de aproveitamento, como pode ser visto nas figuras Figura 44a e Figura 44b. Nestas, o aumento de aceleração, de $1,11 m/s^2$ na primeira situação, para $1,59 m/s^2$, possibilita uma variação no aproveitamento de 68,75% para 78%, devido a uma maior inclinação da reta de aceleração. O valor de aceleração máximo, abaixo de $1,6\ m/s^2$, é referenciado no padrão aplicado pela Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre (TRENSURB) (GTZ et al., 2008; COESTER, 2013).

Figura 44 – Análise de trecho típico entre estações para velocidade de cruzeiro 60km/h e distanciamento 800m, aceleração/desaceleração (a) 1,11m/s² e (b) 1,59m/s².

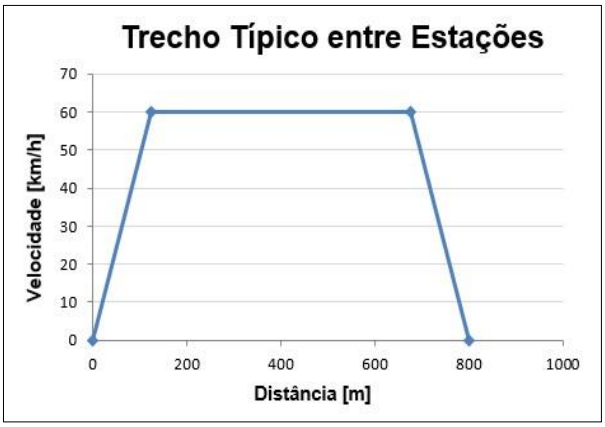


Fig. 44a

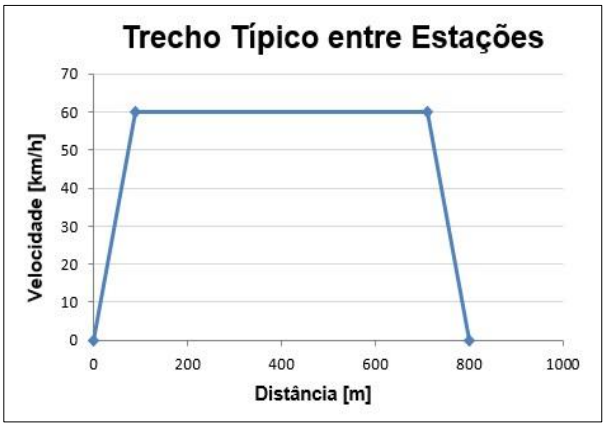


Fig. 44b

Uma inclinação maior pode apresentar desconforto ao usuário, sendo necessário controlar este fator para garantir a segurança das pessoas, inclusive, evitando quedas dentro do veículo. A simulação varia a distância em velocidade de cruzeiro de 550 para 624m, para o trecho de 800m, onde o veículo com maior aceleração tende à um melhor aproveitamento energético (Cap. 3, Item 3.3.4, p. 81).

Nesse ponto, ao observar o distanciamento como fator de definição de acelerações confortáveis aos usuários em pé, a Tabela 4 apresenta valores mínimos de aceleração relacionadas ao espaçamento entre estações. A análise considera um aproveitamento de 50% em velocidade de cruzeiro 60km/h. Buscando exemplificar como o distanciamento entre estações se aplica na variação de necessidade energética, para aceleração e desaceleração, considerando o aumento de consumo em estações muito próximas (Cap. 3, Item 3.3.5, p. 83).

Tabela 4 – Variação de acelerações mínimas para 50% de aproveitamento em velocidade 60km/h, por trecho estimado entre estações.

Entre estações (m)	Aceleração (m/s²)
200	2,78
400	1,39
600	0,93
800	0,59
1000	0,56

Em um exemplo sobre este aumento, um veículo trafegando por um trajeto com maior número de paradas, em trechos de baixo espaçamento, pode aumentar

vertiginosamente o seu gasto de combustível. Um exemplo seriam os serviços urbanos por ônibus, na cidade de Rio Grande, com distanciamento entre estações de 200m, e, em casos pontuais, chegando a 50m, onde os veículos aceleram e logo em seguida desaceleram, sem um tempo de velocidade de cruzeiro, aumentando o gasto de energia.

Ao não percorrer uma distância que permita mais da metade de seu percurso em velocidade de cruzeiro, com uso de uma aceleração confortável ao usuário em pé, 1,6m/s^2 (GTZ *et al*., 2008; COESTER, 2013), o gasto energético em aceleração e desaceleração dominará o trecho (Cap. 3, Item 3.3.4, p. 81), como exemplificado, inicialmente, na Figura 43a (p. 108).

4.3.2 A sustentabilidade dos custos na mobilidade coletiva

O transporte coletivo deve atrair usuários para a sua proximidade, permitindo sustentabilidade em uma perspectiva de custos. Áreas rarefeitas, com baixa densidade, possuem um baixo índice de passageiros por quilômetro (IPK), aumentando o custo relativo de uma linha de transporte (Cap. 3, Item 3.3.7, p. 91).

Além do fator de densidade, em uma distribuição esparsa das linhas, as quais se desenvolvem em distâncias muito grandes, demandam gasto maior de combustível para serem acessadas. Estas, apresentam maior custo para alcançar os núcleos urbanizados, inclusive em situações onde a densidade seja, comparativamente, boa (Cap. 3, Item 3.3.6, p. 88). Assim, mesmo sendo necessário um distanciamento mínimo para garantia de economia frente, trechos muito grandes e com baixo número de passageiros, também, aumentarão os custos (FERRAS e TORRES, 2004; VALENTE *et al*., 2016).

Deve-se compreender que a soma de custos, fixos e variáveis, define o custo final de um serviço, ou custo por quilômetro, segundo a relação com o IPK como quociente (Cap. 3, Item 3.3.7, p. 91). Assim, linhas suburbanas precisam aplicar tarifas maiores, devido o acréscimo de distância.

Cidades, relativamente, densas como Pelotas e Rio Grande possuem valores altos de tarifa, os quais podem conduzir o serviço à falência, por não serem atrativos aos usuários, demandando aplicação de subsídios. Esse fator está ligado a

consideração de tarifa única municipal, onde linhas radiais/diametrais que alcançam áreas distantes, cobram o mesmo valor tarifário aplicado em linhas circulares centrais. Dessa forma, uma linha de ônibus circular que trafegue lotada em um percurso de 5km de extensão, terá, por exemplo, pode ter IPK e custo variável seis vezes maior que uma linha nas mesmas condições, porém, com extensão de 30km (VALENTE *et al*., 2016; VIEIRA, 2018).

Ao contar com uma boa densidade de usuários no entorno de uma estação, uma cidade polinucleada, compacta, pode promover baixo impacto e economia energética, ocupando menos áreas e protegendo ambientes próximos. Sob o ponto de vista de eficiência em transporte, é preciso atrair viajantes. Pois, um desenvolvimento compacto para a área, não tem intenção de modificar o local, ou o nível de renda dos residentes, de forma diferente da tendência natural. A população residente em um bairro de classe trabalhadora, por exemplo, tem direito a mobilidade igual as populações de maior renda. Quando esta localidade não possui densidade suficiente, a proposta é aumentar esse número populacional, ao ponto de disponibilizar um transporte público de qualidade. Isso, deve ser incentivado mediante atração de populações similares (Cap. 2, Itens 2.2.1 e 2.3, p. 46 e 54).

4.3.3 A compreensão do *status quo*

Este planejamento deve respeitar as condições particulares do bairro, nem sempre sendo necessário mudar a legislação. Uma análise das normas, considerando o funcionamento do bairro e os paradigmas sociais envolvidos (Item 4.2.4 deste capítulo, p. 102), é necessária para entender como o corpo técnico deve proceder com um projeto. Por exemplo, ao trabalhar o adensamento, de um jeito que propicie um transporte sustentável, vazios urbanos podem ser utilizados, num processo de preenchimento do entorno, promovendo maior densidade.

A definição das funcionalidades para cada local deve ser analisada e discutida com a população. Posteriormente, cabe aos planejadores urbanos e arquitetos, a definição técnica de bons espaços de convívio e áreas verdes que atraiam os usuários (Item 4.2.3 deste capítulo, p. 102). Onde, por meio da demanda da população e de aspectos ambientais locais, tenham dados suficientes para determinar se estas áreas

serão concentradas ou particionadas ao longo do bairro (CITY, 1992; ARRINGTON, 2003).

A ideia do TOD é criar viagens, interconectando a cidade, por uma urbe viva, onde vários entornos estão permeados com pessoas. Permitindo que estas se locomovam dentro e fora das áreas de estações, em uma conexão da cidade pelo TPU, com desenvolvimento amigável ao entorno (Cap. 2, Item 2.2.1, p. 46).

No entanto, deve-se considerar a existência de áreas onde não é possível adensar por motivos particulares do local. Assim, um projeto de conexão por TPU deve evitar estas áreas, o corredor principal deve atender outros locais propícios ao desenvolvimento, restando às comunidades não adensáveis, uma melhora na acessibilidade até as comunidades conectadas (ARRINGTON, 2003; VIEIRA, 2018).

Ocorre variação na definição do conceito de Transit-Oriented Development (TOD), por tradução para português e espanhol a partir de pesquisas financiadas por uma indústria de premissa rodoviarista, adequado ao sistema de consumo. Nessa, o conceito é cunhado como Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS), porém, a compreensão de sustentável é utilizada para vender um ideal de transporte baseado no ônibus, um transporte de baixa a média capacidade, sem a devida revisão de adensamento adequado a realidade local, ou mesmo a priorização da participação social no processo de decisão (ITDP, 2016).

A conversa entre comunidade e corpo técnico é muito importante, tornando possível estabelecer uma estrutura sustentável de promoção ao TOD. O contato direto, entre planejadores e moradores, é necessário, principalmente, devido à falta de disposição em muitas vizinhanças para o aumento da densidade, para o funcionamento de um bom transporte público de qualidade. Assim, a interação entre agentes e população permite sanar dúvidas, e melhorar a compreensão dos impactos que podem ocorrer, auxiliando projetistas no controle situações indesejadas (Item 4.2.3 deste capítulo, p. 102).

4.3.4 Buscando a melhor opção de mobilidade

Bairros compactos e promotores de transporte coletivo necessitam repensar o uso do espaço, distribuindo este na matriz de mobilidade, ao retirar o protagonismo

do automóvel. Um espaço focado no transporte público, deve ser, obrigatoriamente, centrado no pedestre. Pois, um TPU de qualidade propicia transferência de usuários, tirando motoristas de carros e motos, aumentando a taxa de exposição, devido ao maior número de pedestres na rua (Cap. 3, Item 3.1, p. 59).

Ao limitar a velocidade para os carros, um aumento da proteção é percebido pelo usuário, complementado por malhas que favoreçam a mobilidade do pedestre, com quadras curtas, ruas menos largas, vias bidirecionais, visando maior permeabilidade e simplificação da locomoção. Essa configuração de viária garante liberdade aos veículos individuais de transporte, porém, mantendo os mesmos como convidados dentro do espaço urbano, ao mostrar que o paradigma de projeto é ligado à priorização do pedestre (WEI e LOVEGROVE, 2012; VIEIRA *et al*., 2016).

A capacidade transportada pela linha deve ser um ponto decisivo para garantir eficiência. Um transporte sustentável deve ser eficiente, e isso é traduzido em passageiros transportados por hora e por sentido (pass./h/sentido), única medida de planejamento relevante. As linhas de transporte operam em diferentes intervalos de tempo, geralmente, em segundos ou minutos, delimitando o distanciamento entre veículos. Esses valores de *headway* devem ser relacionados, diretamente, a definição de capacidade de um sistema (VALENTE *et al*., 2016).

Em um exemplo para o TransMilenio de Bogotá, segundo GTZ *et al*. (2008), o sistema BRT opera com ônibus de alta capacidade, para 160 passageiros (articulado). Estes, munidos de três portas duplas de acesso rápido (maiores que 1m de largura), com tempo de estação de 20 segundos, e capacidade por hora e por sentido descrita em 45000 passageiros ‘em média’.

Infelizmente, este cálculo é impreciso, pois, para conduzir esta capacidade no período de uma hora, com veículos para 160 passageiros, seriam necessários 282 ônibus (281,25 segundo o cálculo), com um *headway* aproximado de 13s (12,8 segundo cálculo). O que acaba não atendendo ao mínimo tempo de estação.

Ao considerar a existência de ônibus biarticulados, para 260 passageiros, em funcionamento em Curitiba (GTZ *et al*., 2008). Pode-se fazer um cálculo para a mesma proposta de capacidade, onde seriam necessários 173 veículos, agora em intervalos aproximados de 21s (20,8s segundo cálculo), o que dá uma margem muito pequena, para que o ônibus solte o freio e acelere para fora da plataforma, antes que o próximo ônibus estacione. Sendo assim, por melhor que sejam alguns matérias em definições

sobre projeto, deve-se observar o viés rodoviarista da publicação, pois, este é um paradigma arraigado na cultura humana.

Segundo GTZ *et al*. (2008), o menor *headway* praticado em linhas de transporte dos mais diversos modos, é 60s, sendo 90s o valor usual para horários de pico. Dessa forma, a Tabela 5 estima capacidades disponíveis para transporte de passageiros em horário de pico, considerando intervalos de 60 e 90s, para os modos ônibus biarticulado da empresa Marcopolo, Aeromóvel da empresa Coester, VLT (DMU) da empresa Bom Sinal, e sistema metroviário Rotem da Hyundai (VIA QUATRO, 2008; BRASIL, 2013; COESTER, 2013; GTZ *et al*., 2008).

Tabela 5 – Estimativa de passageiros transportados por hora e por sentido para *headway* simulado de 60 e 90s, em densidade de 6 pass./m^2.

Material Rodante	Capacidade	Pass./h/sentido (60s)	Pass./h/sentido (90s)
Ônibus Biarticulado	260	15600	10400
Aeromóvel	150	9000	6000
	300	18000	12000
	450	27000	18000
	600	36000	24000
VLT (DMU)	358	21480	14320
	562	33720	22480
	766	45960	30640
Metrô (Linha 4 – SP)	1530	91800	61200

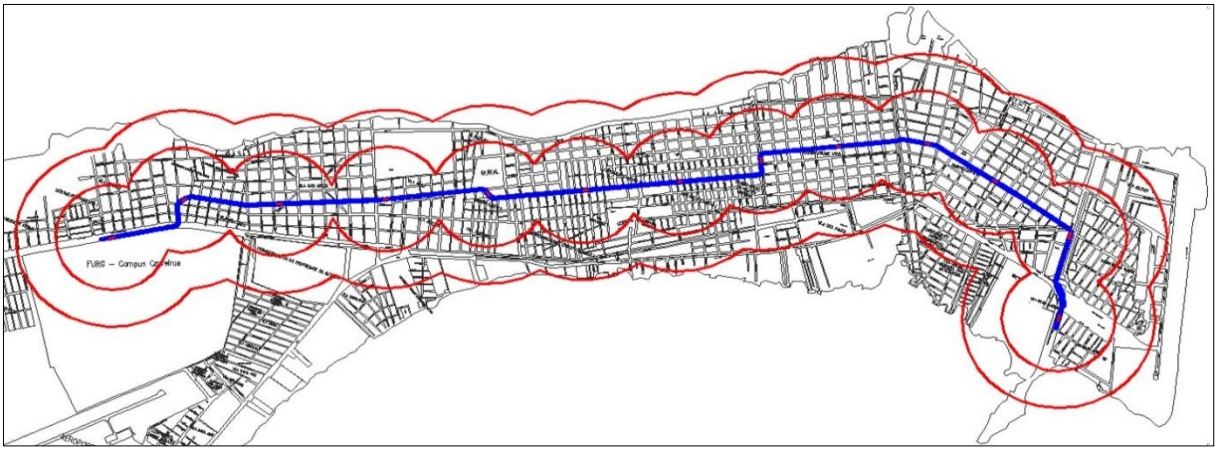
O atendimento estimado expõe como o serviço de transporte por trilhos pode absorver toda a demanda diária de uma região, garantindo a transferência entre as diversas comunidades, sem a necessidade de uso de modos individuais motorizados. Pois, devido a necessidade de conduzir até 10% das viagens diárias na demanda de horário de pico, a capacidade dos sistemas permite atender entornos com população dez vezes maior que a capacidade da via (TRB, 2010; VIEIRA, 2018).

A definição de modo de transporte por sistema LRT, desponta na qualidade de serviço, permitindo capacidade e eficiência. A variação de soluções apresentadas ao atendimento local pode incluir o uso de outros materiais rodantes, como um VLT de assoalho rebaixado, o que representa uma opção esteticamente atrativa, com baixa demanda de intervenção. O ideal para o atendimento de um traçado é, sendo feita uma perspectiva orçamentária para os padrões disponíveis na indústria nacional, definir-se uma opção de transporte que valorize o espaço comunitário e a relação com a rua (HENRY, 2012; BRASIL, 2013; SPECK; 2016).

4.3.5 Simulação de atendimento e frota em operação

Para a compreensão de um serviço de transporte público em seu atendimento, uma simulação de linha é apresentada para o trecho projetado de 9150m de extensão, em um sistema hipotético, proposto para a área urbana do município de Rio Grande (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Figura 45 – Projeto de corredor de transportes de média capacidade para a cidade de Rio Grande.



O trecho é atendido por 12 estações, sendo duas delas terminais de ponta de linha. A perspectiva de atendimento, por Aeromóvel e VLT (DMU), considera dados de entrada conforme apresentado na Tabela 6, definindo simulações para 60km/h. Os valores para aceleração e desaceleração foram analisados separadamente em padrão de conforto por material rodante, em 1,28m/s^2, para o Aeromóvel e, 0,6m/s^2, pala o VLT (GTZ *et al*., 2008; BRASIL, 2013; COESTER, 2013).

O projeto apresenta análise de áreas de influência, demarcadas em 500 e 850m, sendo caminháveis em 7min30s e 12min45s, respectivamente. A partir dos dados de entrada, parâmetros de aceleração e desaceleração são calculados, permitindo análise da locomoção em um trecho padronizado em 831,8m. Para o sistema Aeromóvel obtém-se distância em aceleração 109m. Assim, considerando o mesmo valor de desaceleração, a porcentagem do trecho em velocidade constante chega a 73,79%, ou 613,8m. Para a mesma observação, em VLT, a distância necessária à aceleração ocupa 234m, em um aproveitamento energético de 43,74%, ou 363,8m. Indicando aumento imperativo de aceleração ou aumento do trecho, como

visto anteriormente, para o sistema de menor aceleração (VALENTE *et al*., 2015; VIEIRA, 2018).

Tabela 6 – Simulação sobre o atendimento de proposta de linha.

Dados de entrada			
Modo de transporte		Aeromóvel	VLT (DMU)
Percurso total entre estações	m	9150	
Número de estações		12	
Distância média entre estações	m	831,8	
Tempo em cada estação	s	12	
Velocidade de cruzeiro	km/h	60	
	m/s	16,67	
Tempo na estação final	min	4	
Headway	min	6	
Parâmetros de viagem			
Aceleração	m/s²	1,28	0,6
Distancia de aceleração	m	109	234
Desaceleração	m/s²	-1,28	-0,6
Distância de desaceleração	m	109	234
Taxa de aproveitamento	%	73,79	43,74
Velocidade de operação	km/h	39,2	32,3
Tempo de viagem			
Tempo de viagem	min	13	16
	s	32	17
Tempo de ciclo	min	31	36
	s	4	34
Frota veicular			
Frota em operação	veíc.	6	7
Frota total	veíc.	7	8

Ao longo do percurso, o primeiro veículo atende as doze estações em um tempo de ciclo de 13min32s (Figura 46a), e 16min17s para o segundo (Figura 46b). Considerando o atendimento, conforme Item 3.3.5 (Cap. 3, p. 83), a frota em operação para um fator de pico horário simulado, com *headway* de 6min, fica definida em 6 e 7 veículos, respectivamente para o primeiro e o segundo veículo. Em distâncias menores entre estações, o que aumentaria o tempo de locomoção do sistema, seriam necessários novos veículos à conta, reduzindo a viabilidade, por custos de implantação e custos variáveis (VIEIRA *et al*., 2014; VALENTE *et al*., 2015).

Os parâmetros de planejamento podem ser utilizados para analisar tempos de porta, sendo estes, similares ou diferentes entre estações, assim como, as distâncias das paradas, em valor médio ou detalhado por trecho. Um serviço que busque a otimização da variável ‘tempo’, atrai usuários e viabiliza o sistema (Cap. 3, Item 3.3.5, p. 83).

Figura 46 – Determinação de frota em operação para velocidade de cruzeiro 60km/h, (a) Aeromóvel e (b) VLT (DMU).

Fig. 46a

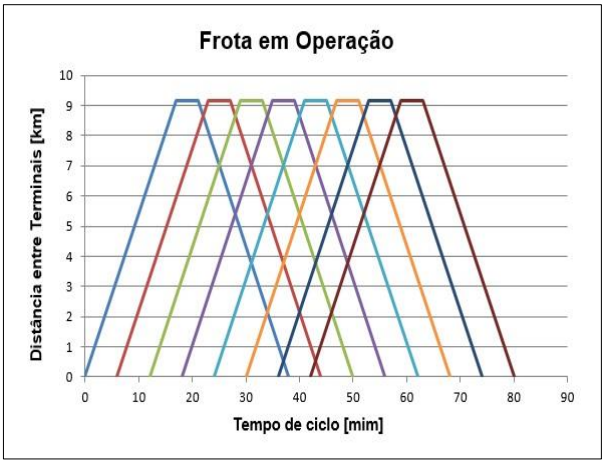


Fig. 46b

Como citado por Silveira (2016), em sua análise sobre a priorização do transporte público na cidade de Caxias do Sul, a variável tempo deve receber preferência, ou o sistema corre o risco de perder usuários para os modos individuais motorizados. Preferencialmente, essa variável deve garantir diferença máxima de 50% em relação ao tempo necessário para o mesmo percurso de automóvel (Cap. 3, Item 3.3.2, p. 78).

CAPÍTULO 5. Considerações finais

5.1 Sobre a construção da mobilidade urbana contemporânea

Ao pensar o desenvolvimento urbano em relação a locomoção humana, dentro da cidade, o padrão tecnológico, aparentemente eficaz, se mostra atrasado, principalmente, ao se considerar a matriz de mobilidade difundida no período anterior a primeira guerra mundial.

A sociedade, em seu processo de crescimento e adaptação para uma civilização global, promoveu escolhas questionáveis em relação ao urbanismo e a mobilidade urbana. O século XX, dominado pelo sistema de consumo, produziu um retrocesso considerável em sustentabilidade e eficiência, por consequência, houve atraso no uso racional energético e tecnológico. Assim, há possibilidade em justificar o período atual como um declínio na gestão do desenvolvimento humano, bem como, na justiça social urbana.

O paradigma atual, absorvido e defendido globalmente, teve início em um processo de consumo, com o único intuito de produzir lucro. A criação de um novo nicho de mercado, tendo como base a perspectiva rodoviarista, desenvolveu a indústria do automóvel em escala global. Essa escolha de projeto pode ser considerada como pejorativa ao processo de produção da cidade, tornando a desconstrução do paradigma de priorização do automóvel extremamente difícil, por estar arraigado nas diversas culturas locais.

A complexidade da situação ao redor do mundo, por maior que seja, apresentou e vem apresentando retorno ao paradigma voltado à priorização da mobilidade suave, alcançando patamares mais sustentáveis, similares ao período anterior. Para isso, se fez necessário um aprendizado detalhado a partir dos erros do passado, em um processo de ‘autocrítica’, com a busca de novas soluções para as questões conhecidas e àquelas que tendem a surgir no presente.

A revisão desse paradigma, como é importante ressaltar, não recai na exclusão do automóvel, mas sim, na ressignificação do seu uso, deixando o papel de modo de locomoção padronizador de projeto, para um retorno ao ideal de liberdade, agora como ferramenta.

O uso de locomoção individual motorizada é necessário, principalmente em uma realidade plural como a experimentada no dia-a-dia da cidade. O transporte porta-a-porta deve ser priorizado para viagens que não sejam coletivamente rotineiras, previsíveis e, portanto, programáveis. A diversidade de situações, considerando as peculiaridades intrínsecas da complexidade urbana, requer atendimentos específicos para casos da mesma exigência, sendo assim, uma grande parcela das viagens diárias é e continuará a ser feita por carro.

A modificação desse cenário dentro da complexidade urbana, como abordado ao longo da pesquisa, pode ser definida pela perspectiva de desenvolvimento de sistemas orientados ao transporte de passageiros (TOD). A gestão de viagens pode e deve ser feita com o uso de transporte coletivo, priorizando o planejamento de uma mobilidade com baixo impacto e máxima eficiência. Não sendo, assim, adequado o uso da mobilidade individual motorizada como padrão de locomoção, por uma simples questão de eficiência energética.

A proposta TOD se relaciona com uma perspectiva de revisão urbana, pois vê a necessidade de atrair clientes para o transporte público urbano (TPU). Ao pensar a cidade de forma compacta e adensada, respeitando as médias locais para cada centralidade, o desenvolvimento da mobilidade deve focar na escala humana, atendendo uma revisão da cidade, de forma amigável à mobilidade suave e permeada por essa.

O planejamento com prioridade do transporte por modos eficientes faz parte do desenvolvimento orientado. Ao priorizar projetos de LRT no mesmo nível dos pedestres, ou seja, sem o uso de elevados ou túneis, há uma adequação de escala na cidade e um incentivo ao seu uso compartilhado. Seguindo o mesmo princípio de priorização, ao centrar a mobilidade, primeiro nos modos suaves e posteriormente em transporte coletivo, a compreensão da escala humana fica visível, favorecendo a segurança dos usuários vulneráveis do sistema (pedestres e ciclistas).

A busca pela cidade compartilhada faz parte do processo que está retornando uma geração para a vivência urbana, a geração Y. Assim, uma solução que lide com esses aspectos da reconstrução do sentido de comunidade, é uma necessidade

urgente. Deve-se rever a forma de fazer cidade, onde o uso do espaço precisa ser questionado, e a participação popular é de extrema importância nesse aspecto. Há formas de urbanizar sem o uso do paradigma do automóvel, a exemplo da gestão comunitária do espaço, a qual reconecta a população à cidade e a conduz ao processo de produção urbana.

Os sistemas de mobilidade urbana podem ser projetados de acordo com as necessidades locais, mediante interação com a comunidade impactada, e definindo formas de controle para garantia de um desenvolvimento justo e equilibrado. Se faz necessário compreender, que a não participação popular no processo de produção da cidade, como um todo, continuará a produzir desigualdade e consequente deslocamento urbano, afastando as pessoas da urbe, em mais uma etapa do processo gentrificador.

Muitas cidades investem na revisão urbana contemporânea, porém, ainda presas a uma proposta de protagonismo do automóvel. O fator necessário para uma revisão de como fazer a cidade é, exatamente, a redução desse protagonismo rodoviarista, em prol de um indivíduo mais sensível, o pedestre, construtor original das cidades.

É de suma importância frisar que, ao se favorecer uma cidade completamente segmentada e rarefeita, se permite protagonismo ao automóvel. Não existe transporte eficiente e viável em uma área de baixa densidade. Mesmo um sistema de ônibus comum, de baixa capacidade, se torna inviável, pois não há número de passageiros suficiente para justificar o custo por quilômetro (IPK) na operação do serviço.

A culpa desta insustentabilidade energética recai, totalmente, na escolha humana por um paradigma rodoviarista. A alteração de escala de planejamento, da condição humana para a condição da máquina, abandonou o aspecto da eficiência e passou a ser ditada por interesses elitistas, arruinando os sistemas de transporte público eficientes e afastando as pessoas das centralidades da cidade.

O uso do espaço de forma racional é um processo cultural, deve-se incentivar o melhor aproveitamento mediante boa densidade residencial e de uso misto. Uma cidade densa e compacta, respeitando o componente de proteção ambiental, incluindo sistemas de espaços abertos e com a mobilidade urbana orientada para o desenvolvimento socioeconômico, pode promover uma nova urbe, com real sustentabilidade.

Um bairro com característica, residencial, unifamiliar, e edificações térreas, permite uma boa densidade. Não é necessário investir em moradia multifamiliar, em altura, para atingir uma densidade favorável a um bom sistema de transporte. Cidades de alta densidade e urbanização equilibrada, como Amsterdam e Paris, apresentam espaços atrativos a vivência, protegendo e incentivando ao pedestre o aproveitamento do espaço da rua.

É possível se construir uma cidade densa e bem distribuída, porém, não é necessário urbanizar equilibradamente toda a mancha urbana. As áreas de influência do método TOD, nesse sentido, se colocam como possibilidade de repensar a cidade. Uma proposta caracterizada pelo adensamento setorizado, onde a conectividade urbana respeite um crescimento relativo ao existente no local, variando de mediano a alto na proximidade com o transporte público. Assim, incentivando a conectividade da infraestrutura de mobilidade suave para toda a área, inclusive setores de densidade mediana a baixa.

5.2 O desenvolvimento e as limitações da investigação

O aprofundamento da discussão sobre o '*Transit-Oriented Development*' (TOD), enquanto conceito e procedimento metodológico, permite compreender a construção do mesmo. A necessidade de identificação dos fatores históricos e sociais, complementada pela discussão dos parâmetros técnicos de eficiência no desenvolvimento de um transporte público urbano (TPU), atendem a percepção de adaptabilidade do TOD à realidade brasileira e do sul global.

A aplicação e os impactos de um sistema planejado com o método TOD, ao serem implementados, relacionados com variáveis de planejamento e de controle, podem apresentar potencialidade para as urbes típicas (pequenas e médias). O uso do método TOD abre uma possibilidade de trazer a população para o processo de decisão, podendo ser plenamente bem-sucedido. Principalmente, ao atrelar a escolha de fatores e áreas de controle, como a análise quali-quantitativa de postos de trabalho e mercado imobiliário. Onde, o controle severo destes fatores é necessário para proteger populações, garantindo o acesso ao transporte de qualidade.

Ao considerar a potencialidade no uso de sistemas TOD, é necessário citar a existência de grande parte dos materiais disponíveis em língua portuguesa e espanhola, relacionando a revisão da cidade com processos gentrificadores. Como adequação prevista e exigida pelo sistema de consumo, é clara a mercantilização do uso de TOD, perpetuando a desinformação sobre o processo nefasto de destruição da mobilidade urbana coletiva, tendendo a permanência do paradigma do automóvel. A disponibilidade desse material direcionado limita a compreensão total do processo, acabando por favorecer, mesmo que não intencionalmente, o princípio rodoviarista.

5.3 Perspectivas de continuidade da pesquisa

O desenvolvimento no entorno de facilidades de transporte ocorre naturalmente, mesmo que não seja desejado. Aproveitar o potencial conectivo do transporte é buscar o direito de fazer a cidade. O método TOD pode auxiliar na gestão urbana, aplicando propostas de mobilidade suave, controle socialmente justo do entorno e gestão consciente do uso do solo. A tendência ao aumento da acessibilidade e diminuição dos custos de viagem entre regiões da urbe, possibilita uma cidade mista, similar a uma forma anterior de urbanizar, existente nas cidades pré-rodoviaristas.

O TOD surge como opção viável e adaptável para atender a demanda a qual se aproxima, a previsão de crescimento da população mundial. A necessidade por ambiente urbano se acresce ao êxodo da população rural para a cidade, para a centralidade, para a acessibilidade, elevando as taxas de urbanização dos países.

Repensar a cidade orientando seu desenvolvimento prioritariamente à mobilidade, pode evitar a expansão descontrolada em loteamentos fechados ou comunidades economicamente sensíveis. Impedir a instalação de transporte público em áreas carentes deve ser visto como um fator de apoio ao processo de elitização e impedimento à cidadania por essas populações.

A gestão da demanda de densidade habitacional com o planejamento da mobilidade urbana pode validar a continuidade da pesquisa sobre o Transit-Oriented Development (TOD). A partir de uma perspectiva de reforma dos processos de urbanização, em discussão na atualidade, o direito a fazer a cidade apoia-se e reencontra-se com a organicidade original do desenvolvimento urbano.

Referências

A CIDADE caminhável. Roteiro e Intérprete: Jeff Speck. [S. l.]: TED, 2013. 1 vídeo (17 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Wai4ub90stQ. Acesso em: 16 nov. 2016.

ARRINGTON, G. B. Light Rail and the American City: State-of-the-Pratice for Transit-Oriented Development. In: 9th National Light Rail Transit Conference. Portland – EUA, 2003. Anais. Portland – EUA: Transportation Research Circular – E-C058 – Light Rail Transit and Transit-Oriented Development, 2003.

BRASIL. Manual de projeto geométrico de travessias urbanas. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2010.

_____. Termo de Referência: Projeto básico de transportes para a implantação de sistemas de transporte ferroviário de passageiros de interesse regional. Trecho Pelotas-Rio Grande/RS. Secretaria de Política Nacional de Transportes. Brasília: Ministério dos Transportes, 2011.

_____. Estudo de viabilidade técnica, econômica, financeira, social e ambiental: sistema de transporte ferroviário de passageiros Capão do Leão/Pelotas/Rio Grande. LabTrans – Laboratório de Transportes e Logística. Florianópolis: Ministério dos Transportes, 2013.

_____. Anteprojeto: Aeromóvel Rio Grande. TRENSURB – Empresa de Transportes Urbanos de Porto Alegre S.A. Porto Alegre: Ministério dos Transportes, 2014.

BRINA, H. L. Estradas de Ferro. A Via Permanente. 1 v. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

BRINA, H. L. Estradas de Ferro. 2 v. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1982.

CITY of San Diego. Transit-Oriented Development – Design Guidelines. Land Guidance System. San Diego – EUA: Calthorpe Associates, 1992.

COESTER, O. Aeromóvel: Automated People Mover. Encarte técnico. Porto Alegre: Coester – Soluções Inovadoras em Automação, 2013.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. Transporte Público Urbano. São Carlos: Rima, 2004.

FERREIRA, F. A. As Potencialidades do Veículo Leve Sobre Trilhos – VLT como uma alternativa para a Mobilidade Urbana no Brasil. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, 2015.

GEHL, J. Cidade para Pessoas. Tradução: Anita Di Marco, Anita Natividade. São Paulo: Perspectiva, 2013.

GENTRIFICATION explained. Produção: UC Berkeley Urban Displacement Project. Berkeley – EUA: UrbanDisplacementProject, 2017. 1 vídeo (7 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=V0zAvlmzDFc. Acesso em: 17 jan. 2019.

GENTRIFICATION: Help or Harm? Produção: TVOntario. [S. l.]: The Agenda with Steve Paikin, 2014. 1 vídeo (53 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=F3Mbeb4_bpI. Acesso em: 18 jan. 2019.

GTZ; ITDP e BRASIL. Bus Rapid Transit. Guia de Planejamento. Editoração: Lloyd Wright. Brasília: Ministério das Cidades, 2008.

GTZ; SUTP e I-CE. Cycling-Inclusive Policy Development: A Handbook. Editoração: Tom Goderfrooij, Carlos Felipe Pardo, Lake Sagaris. Utrecht – Países Baixos: Interface for Cycling Expertise, 2009.

HARVEY, D. A Liberdade da Cidade. Tradução: Anselmo Alfredo. São Paulo: Espaço e Tempo, 2009.

HENRY, L. Comparative examination of New Start light rail transit, light railway, and bus rapid transit services opened from 2000. In: 12th National Light Rail Conference. Salt Lake City – EUA, 2012. Anais. Salt Lake City – EUA: Sustaining the Metropolis – LRT & Streetcars for Super Cities, 2012.

IBGE: Um em cada três brasileiros mora em 48 municípios com mais de 500 mil habitantes. Agência IBGE. Estatísticas Sociais, 28 ago. 2019. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-

noticias/noticias/25280-um-em-cada-tres-brasileiros-mora-em-48-municipios-com-mais-de-500-mil-habitantes. Acesso em: 13 nov. 2019.

IS LOS ANGELES becoming transit oriented? Produção: USC Price – Sol Price School of Public Policy. Intérpretes: Genevieve Giuliano, Eun Jin Shin. Los Angeles – EUA: USCPrice, 2016. 1 vídeo (54 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=sESvo66LeMg. Acesso em: 21 ago. 2017.

ITDP. Ferramenta para Avaliação do Potencial de Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS) em Corredores de Transporte. Editoração: Clarissa Linke. São Paulo: ITDP Brasil, 2016. Disponível em: http://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2016/11/2016-11-itdp-ferramenta-dots.pdf. Acesso em: 29 nov. 2019.

JACOBS, J. The Death and Life of great American cities. Nova Iorque – EUA: Random House, 1961.

MORRISON, A. The Tramways of Brazil: A 130-year survey. Nova Iorque – EUA: Bonde Press, 1989. E-book. Disponível em: http://www.tramz.com/br/tto/01.html. Acesso em: 12 abr. 2014.

MUMFORD, L. Lewis Mumford on The City – Cars or People? In: Taken for a ride. [S. l.]: New Day Films, 1996. [S. l.]: National Film Board of Canada (NFB), 1963. 1 vídeo (28min).

RIVERA, D. El mercado de Tlatelolco. Cidade do México – México: Palácio Nacional, 1929-1935. 1 fotografia. Original em mural. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Murales_Rivera_-_Markt_in_Tlatelolco_3.jpg. Acesso em: 08 fev. 2019.

SCHUETZ, J.; GIULIANO, G.; SHIN, E. J. Is Los Angeles Becoming Transit Oriented? Washington D. C. – EUA: Board of Governors of the Federal Reserve System, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.17016/FEDS.2016.004. Acesso em: 03 maio 2018.

SCHUMANN, J. Status of North American Light Rail Projects. In: 12th National Light Rail Conference. Salt Lake City – EUA, 2012. Anais. Salt Lake City – EUA: Sustaining the Metropolis – LRT & Streetcars for Super Cities, 2012.

SEATTLE Municipal Archives. Removal of streetcar tracks on Third Avenue. Série 2613-07. Seattle – EUA: Departamento de Engenharia, 1943. Disponível em:

https://www.flickr.com/photos/seattlemunicipalarchives/4035768954. Acesso em: 20 jan. 2019.

SENÇO, W. Manual de Técnicas de Pavimentação. 2 ed. São Paulo: PINI, 2007.

SILVEIRA, I. M. Avaliação da mobilidade urbana com ênfase na condição da acidentalidade do usuário vulnerável. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

SMATLAK, J. Development of Guidelines for Modern Streetcar Vehicles. In: 12th National Light Rail Conference. Salt Lake City – EUA, 2012. Anais. Salt Lake City – EUA: Sustaining the Metropolis – LRT & Streetcars for Super Cities, 2012.

SPECK, J. Cidade Caminhável. Tradução: Anita Di Marco, Anita Natividade. São Paulo: Perspectiva, 2016.

TAKEN for a ride. Direção: Jim Klein. Produção: Independent Television Service. Roteiro: Martha Olson. [S. l.]: New Day Films, 1996. 1 vídeo (56min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=p-I8GDklsN4. Acesso em: 22 set. 2014.

THE GENERAL THEORY of walkability. Roteiro e Intérprete: Jeff Speck. [S. l.]: TEDxMidAtlantic, 2014. 1 vídeo (19min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=uEkgM9P2C5U. Acesso em: 16 nov. 2016.

THE WALKABLE city – Lessons from the US. Roteiro e Intérprete: Jeff Speck. Lahti – Finlândia: Lahden Kaupunki, 2015. 1 vídeo (113min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=PoFO5Rt9cPM. Acesso em: 19 set. 2017.

TRB. Highway Capacity Manual. Volume 1 – Concepts. Washington D.C. – EUA: Transportation Research Board of the National Academies, 2010.

VALENTE, A. M.; PASSAGLIA, E.; NOVAES, A. G.; VIEIRA, H. Gerenciamento de Transportes e Frotas. 3 ed. Florianópolis: CENGAGE Learning, 2016.

VIEIRA, H. Estudo sobre eficiência em transportes públicos de passageiros. Notas de pesquisa. Rio Grande: Grupo de Estudo de Trânsito e Transportes, 2018.

_____; VALENTE, A. M.; AQUINO, C. D.; SALVI, M. L. D. Estudos de viabilidade para implantação de uma linha de transporte público de média capacidade. In: XVIII CLATPU – Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano. Rosário – Argentina, 2014. Anais. Rosário – Argentina: ALATPU, 2014.

_____; SILVEIRA, I. M.; BASTOS, J. T.; VALENTE, A. M. Avaliação da mobilidade urbana com ênfase na condição da acidentalidade do usuário vulnerável. In: XIX CLATPU – Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano. Montevideo – Uruguai, 2016. Anais. Montevideo – Uruguai: ALATPU, 2016.

VIEIRA, M. M. Que la gentrificación no te agarre desprevenida/o. 2019. 1 fotografia.

VIA QUATRO. Material rodante da Linha 4 do Metro – SP: Inovações, Segurança e Conforto. Encarte técnico. São Paulo: Via Quatro – Sistema CCR, 2008.

VONK, W. Curso de planejamento cicloviário participativo. Notas de aula. Rio de Janeiro: COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, 2013.

WHAT we don’t understand about gentrification. Roteiro e Intérprete: Stacey Sutton. Nova Iorque – EUA: TEDxNewYork, 2015. 1 vídeo (14min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=XqogaDX48nI. Acesso em: 19 jan. 2019.

WHY cities are where they are. Roteiro: Wendover Productions. [S. l]: WendoverProductions, 2017. 1 vídeo (15min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=3PWWtqfwacQ. Acesso em: 15 out. 2018.

7 PRINCIPLES for building better cities. Roteiro: Peter Calthorpe. Vancouver – Canadá: TED, 2017. 1 vídeo (14min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=IFjD3NMv6Kw. Acesso em: 23 jun. 2018.